

2018

Information Systems in the Context of Industry 4.0: a lean approach to information flows for the calculation of indicators

Mónica Ré

DEGEIT-Universidade de Aveiro, monicare@ua.pt

Leonor Teixeira

IEETA / DEGEIT-Universidade de Aveiro, lteixeira@ua.pt

Follow this and additional works at: <https://aisel.aisnet.org/capsi2018>

Recommended Citation

Ré, Mónica and Teixeira, Leonor, "Information Systems in the Context of Industry 4.0: a lean approach to information flows for the calculation of indicators" (2018). *2018 Proceedings*. 37.

<https://aisel.aisnet.org/capsi2018/37>

This material is brought to you by the Portugal (CAPSI) at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in 2018 Proceedings by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Sistemas de Informação no Contexto da Indústria 4.0: uma abordagem lean aos fluxos de informação para o cálculo de indicadores

Information Systems in the Context of Industry 4.0: a lean approach to information flows for the calculation of indicators

Mónica Ré, DEGEIT-Universidade de Aveiro, Portugal, monicare@ua.pt

Leonor Teixeira, IEETA / DEGEIT-Universidade de Aveiro, Portugal, lteixeira@ua.pt

Resumo

Atualmente as organizações dispõem de um conjunto de diferentes ferramentas, por forma a poderem aumentarem a eficiência dos seus processos, ao mesmo tempo que eliminam desperdícios, aumentam a produtividade e asseguram a qualidade dos resultados ao nível de produtos e serviços. De entre estas ferramentas, destacam-se as emergentes das práticas de gestão *Lean*, os Sistemas de Informação (SI) e, mais recentemente, as conducentes à implementação do conceito Indústria 4.0 (I4.0). Apesar de se tratarem de três áreas com origens diferentes, têm um propósito comum – minimizar as atividades de não valor acrescentado (NVA) nos processos em que atuam. O presente trabalho apresenta um estudo preliminar que faz uso de ferramentas oriundas das áreas acima citadas, e que tem por objetivo a eliminação do desperdício associados ao processo que visa a apresentação de um conjunto de indicadores (KPIs) de produção no contexto de uma empresa industrial.

Palavras-chave: Sistema de Informação; Indústria 4.0; Gestão *Lean*; Processo; Indicadores.

Abstract

Today organizations have at their disposal, a set of different tools in order to increase their processes efficiency, while eliminating waste, increasing productivity and ensuring the quality of the results. Among these tools, we can highlight those that emerge from the Lean Management, Information Systems (IS) and, more recently, tools conducive to the Industry 4.0 (I4.0) concept implementation. Although their different origin, the three concepts have a common purpose – to minimize non-value added (NVA) activities in the process in which they operate. This work presents a preliminary study that uses tools from the areas mentioned above, and whose goal is the elimination of waste associated with the processes, that aims the presentation of a set of production indicators (KPIs) in the context of an industrial company.

Keywords: Information System; Industry 4.0; Lean Management; Process; KPIs.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas enfrentam grandes desafios devido ao ambiente competitivo que se vive nos mercados. Assim, é comum estas procurarem soluções que visem a eliminação de desperdícios nos seus processos, trabalhando apenas em atividades de valor acrescentado (VA).

Por outro lado, nas últimas décadas tem-se assistido a um enorme crescimento na área da inovação tecnológica, que a maior parte das empresas tende a acompanhar, pois hoje em dia qualquer processo dentro de uma organização depende, direta ou indiretamente, de um sistema de informação. Potenciado pelos avanços tecnológicos, surge também um novo paradigma denominado Indústria 4.0 (I4.0), que visa a completa integração e digitalização dos processos de uma organização, tendo por base a Internet das Coisas (IoT), os Sistemas Ciberfísicos (CPD) e a *Cloud Computing*. Num caso ideal, e num ambiente totalmente dotado deste tipo de tecnologias, os decisores seriam automaticamente alertados de qualquer desvio ou ocorrências na cadeia de valor, através de sistemas autónomos.

O presente trabalho visa explorar o potencial da integração de ferramentas vindas das três áreas acima citadas, ou seja, dos Sistemas de Informação (que tem por objetivo agilizar fluxos de informação), das ferramentas de apoio à conceção da I4.0 (com abordagens tecnológicas que visam melhorar processos e estratégias ao nível da extração, tratamento e disseminação de informações para todos os níveis organizacionais) e do *Lean* (com práticas de gestão que tem por objetivo a identificação e eliminação de desperdícios) no âmbito da melhoria de processos em contexto industrial. Para além de uma abordagem teórica onde se exploram os benefícios daqueles conceitos e da sua potencial integração, o presente trabalho apresenta um estudo exploratório conducente à implementação de um Sistema de Informação no contexto da I4.0, por forma a melhorar um processo de recolha e processamento de dados para o cálculo de indicadores de gestão, fazendo uso dos princípios *Lean*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sobre os Sistemas de Informação nas Organizações

Cada vez mais as organizações estão expostas a pressões externas, pelo facto de o ambiente de negócio no qual estarem inseridas ser extremamente volátil e dinâmico, sendo muitas das respostas a estas pressões suportadas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (Rainer & Cegielski, 2010). De facto, a rápida evolução tecnológica a que se assiste, principalmente nas últimas duas décadas, tem originado uma forte dependência das organizações para com as TICs, não só com vista no aumento da eficiência dos seus processos, mas também como fonte de vantagem competitiva (Juwita & Arifin, 2017). Para além de poderem contribuir para a redução de custos e melhoria dos processos, as TICs têm também uma componente importante na aproximação das organizações aos seus clientes, fornecedores e outros parceiros (Ferreira & Cherobim, 2012).

De notar que, apesar dos inúmeros sistemas nas mais diversas áreas das organizações (Demoč, Vyhnáliková, & Aláč, 2015), nem sempre os gestores conseguem tomar decisões tendo por base os dados diretamente extraídos das fontes de informação. Este facto prende-se com quantidade e

variedade dos dados, que quando isolados, podem não estar dotados de significado. Assim, os dados necessitam de ser agregados e processados, de forma a imprimir-lhes o valor necessário para os tornar úteis à tomada de decisão (Buse & Zimmermann, 2012).

De acordo com Peppard e Ward (2004) as implicações da falta de um alinhamento estratégico relacionada com os Sistemas de Informação (SIs) e/ou TICs numa organização podem levar (i) a um investimentos em sistemas que efetivamente não conseguem suportar as atividades necessárias ao negócio da organização; (ii) a uma duplicação de dados e consequentemente de recursos para o seu processamento; (iii) a uma gestão da informação ineficiente e com dados inconsistentes; e por conseguinte, (iv) a uma diminuição da produtividade nos processos da organização.

Segundo Juwita e Arifin (2017), o desenvolvimento de um plano estratégico de SI requer uma análise rigorosa das condições da organização, por forma a (i) identificar qual o nível de maturidade da empresa em termos de sistemas e aplicações informáticas; (ii) detetar necessidades que não estão a ser suportadas pelas aplicações atuais; e, (iii) monitorizar o sucesso da nova estratégia de implementação. No entanto, todos os investimentos efetuados nesta área devem estar alinhados com a estrutura, dimensão e estratégia da organização (Ferreira & Cherobim, 2012) e os resultados devem ser vistos numa perspectiva de melhoria contínua (Demoč et al., 2015) .

2.2 Sobre o Lean Management

O conceito *Lean* apareceu na década de 1980, quando a Toyota começou a chamar a atenção da comunidade internacional com a eficiência e consistência dos seus processos produtivos. Em 1990, foi lançado o conceito *Toyota Production System* (TPS), também chamado sistema de produção *Lean*, que tem como base a redução de todos os desperdícios inerentes aos processos produtivos e que desencadeou, a nível indústria e numa abrangência mundial, uma transformação na filosofia de produção e gestão da cadeia de abastecimento (Liker, 2004). De acordo com o TPS, existem oito tipos de desperdícios que podem ser encontrados num qualquer processo produtivo, conhecidos como: sobreprodução, espera, transporte, sobreprocessamento ou processamento incorreto, excesso de stock, movimentação desnecessária, defeitos, e desperdício do talento.

Para combater os desperdícios acima mencionados, foram definidos cinco princípios *Lean*, que passam pela: (i) definição do valor do ponto de vista do cliente, (ii) definição de fluxo de valor, (iii) criação de fluxo contínuo, assegurando uma produção contínua e sem interrupções), (iv) definição de sistemas de produção pull, onde a produção é nivelada de acordo com a procura do cliente e, (v) procura da perfeição com processos de melhoria contínua (Hicks, 2007). Segundo Shah e Ward (2007) e Ohno (1988) são várias as práticas, ferramentas e *standards* que as organizações implementam para assegurar que estes princípios são alcançados.

De uma forma geral as práticas de gestão segundo os princípios *Lean* consistem na adoção de um conjunto de ferramentas que têm por objetivo a eliminação de desperdícios, focando-se estritamente em operações e atividades de VA, tendo como alvo suprimir as necessidades do lado da procura – cliente, ao mesmo tempo que garantem eficiência e eficácia nos processos e qualidade no produto final (D’Antonio, Bedolla, & Chiabert, 2017). No entanto, apesar do conceito ter surgido no âmbito de processos de produção, hoje é possível aplicar os princípios *Lean* a outros processos, como por exemplo, a fluxos de informação.

2.3 Sobre a Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é uma iniciativa estratégica que teve origem na Alemanha em 2013 e que se destina à criação de fábricas inteligentes onde as tecnologias de produção são desenvolvidas e transformadas por CPS (Zhong, Xu, Klotz, & Newman, 2017). A base da I4.0 implica que, através da ligação das máquinas, sistemas e processos, as organizações criem linhas inteligentes ao longo da cadeia de valor (Lee, Bagheri, & Kao, 2015), sendo que o resultado se reflete na resposta autónoma e automática dos processos produtivos às mudanças que possam ocorrer ao longo dessa cadeia (Torbjorn, 2015).

Segundo Hermann, Pentek, and Otto (2015) e Kagermann (2015), para a adoção das práticas associadas à I4.0, foram identificados seis princípios que visam conduzir, nos próximos anos, a sistemas operativos inteligentes: interoperabilidade, capacidade para operar em tempo real, virtualização, descentralização, orientação para o serviço e flexibilidade.

De referir que o conceito I4.0 só surge devido aos inúmeros avanços tecnológicos dos últimos anos nas áreas dos sistemas de informação e engenharia (Santos et al., 2017), nomeadamente: Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, Realidade Aumentada, Manufatura Aditiva, *Cloud Computing* e Cibersegurança.

O potencial da IoT quando combinado com os CPS permitem que os sistemas produtivos controlem, não apenas materiais e dispositivos físicos, mas também grandes quantidades de dados, informação e conhecimento, em tempo real. Segundo Kagermann et al. (2013), este processamento é realizado através de três níveis de integração: integração vertical, integração horizontal e integração ‘extremo-a-extremo’.

A **integração vertical** diz respeito à conectividade entre todas as áreas envolvidas no ciclo de vida do produto (atividades de marketing, engenharia, produção, logística, entre outros), sendo realizada através de diversas ferramentas ou sistemas que suportam a informação e a sua partilha dentro da organização, como por exemplo *Manufacturing Execution System* (MES), *Computer-aided Process Planning* (CAPP), ou mesmo Sistemas ERP tradicionalmente já presentes na grande parte das

organizações. Desta forma, os recursos nos quais se incluem os dados, a informação, o capital financeiro e o capital humano, podem ser usados de forma mais eficiente e eficaz.

A **integração horizontal** ocorre quando uma organização está integrada com os seus fornecedores e restantes *stakeholders*, como acontece por exemplo, com a tecnologia de gestão integrada da cadeia de abastecimento. No entanto, continuam a existir alguns desafios ao nível da eficiência e estabelecimento de padrões comuns, que poderão ser ultrapassados, com recurso à implementação de uma base de conhecimento avançada. Na realidade, é necessária uma plataforma de rede de conhecimento comum com protocolos e padrões práticos para aumentar a eficácia e a qualidade da integração horizontal.

A **integração extremo-a-extremo** representa, provavelmente, a área mais desafiante na nova era da produção industrial. Em primeiro lugar, na *shopfloor* a integração entre máquinas é necessária para que estas possam ser parte integrante do sistema produtivo. Seguidamente, a integração dos clientes no sistema produtivo através de sistemas automáticos, com troca de informação em tempo real entre os envolvidos no processo. Por fim, a integração *product-to-service* permite que o estado do produto seja monitorizado diretamente pelo fabricante, podendo a cadeia de valor ser também estendida ao serviço pós-venda (Chen, 2017).

2.4 Sistemas de Informação, Lean e Indústria 4.0

Nesta secção pretende evidenciar-se a relação entre diferentes ferramentas oriundas das três áreas acima descritas – *Lean*, SI e I4.0 – tendo como base algumas evidências reportadas na literatura.

Figura 1 – O modelo de tripla hélice suportado pelo *Lean*, Sistema de Informação e Indústria 4.0

2.4.1 Lean Management e Sistemas de Informação



Existem alguns processos de aquisição de dados e gestão da informação que acrescentam valor através da utilização de diversos mecanismos, que têm o papel de organizar e processar dados, bem como disponibilizar e partilhar informação. Num processo de informação aqueles mecanismos, ou a falta deles, podem gerar determinados desperdícios (Hicks, 2007).

Fazendo o paralelismo com os desperdícios num processo de produção tradicional, é possível identificar esses mesmos desperdícios na utilização de Sistemas de Informação e/ou nos fluxos de informação dentro das organizações (Hicks, 2007; Blijleven et al., 2017; Ibbitson & Smith, 2011):

- Sobreprodução: todo o esforço dedicado à identificação da informação com valor devido ao elevado volume de informação existente, muita dela sem valor.
- Espera: diz respeito ao tempo necessário até à obtenção da informação, refletindo-se no tempo que uma tarefa ou processo não pode ser efetuado por falta de informação.
- Transporte: consiste no movimento desnecessário de informação entre várias fontes, manifestando-se por exemplo na reinserção de informação, por via da incompatibilidade de sistemas ou pela resistência na utilização dos SIs.
- sobreprocessamento: está relacionado com a falta de informação e atividades necessárias para colmatar essa falta, podendo incluir a criação de informação nova ou a identificação de informação adicional.
- Inventário: fornecimento de mais informação do que aquela que é necessária para a tomada de decisão num determinado momento. Na prática pode também referir-se, por exemplo, a informação que embora exista não está no sítio certo, condicionando a execução de determinadas atividades por falta de informação.
- Movimentação desnecessária: consiste em tarefas desnecessárias para a recolha de informação que não se encontra facilmente acessível.
- Defeitos: consiste em informação imprecisa, errada ou incompleta.
- Talento e criatividade dos colaboradores: consiste no incorreto aproveitamento dos recursos humanos de uma organização, pelo facto de existirem insuficiências nos processos ou na própria informação.

Dentro das organizações as práticas que têm em vista a melhoria dos processos de gestão da informação, apoiados na utilização de Sistemas de Informação, prendem-se com: (i) melhorias ao nível da gestão das fontes de informação; (ii) melhorias ao nível da gestão de informação e dos processos associados; bem como (iii) avaliação e, se possível, melhorias ao nível das estruturas dos próprios Sistemas de Informação (Hicks, 2007).

No que se refere aos fluxos de informação, alguns autores apontam analogias entre estes e os tradicionais fluxos de materiais nas organizações. Nos fluxos de informação, o processo inicia-se com dados (matéria-prima), passam por processos de armazenamento, organização e estruturação, sendo entregue aos clientes (utilizadores e decisores) sob a forma de informação (produto final)

Hicks (2007). A Figura 2 esquematiza essa analogia, comparando os processos no caso de sistemas de produção (onde o conceito *Lean* surgiu) e os fluxos de informação.

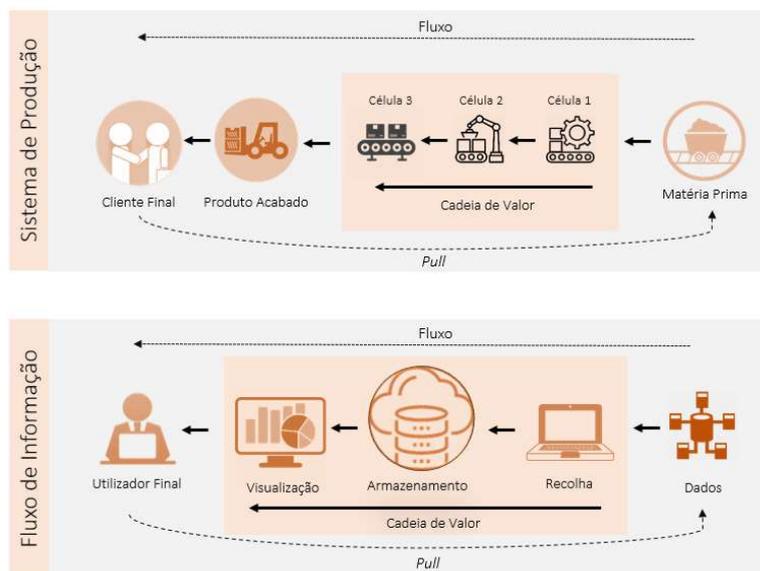


Figura 2 - Analogia entre fluxos produtivos e fluxos de informação (Adaptado de Hicks, 2007).

2.4.2 Lean Management e Indústria 4.0

Os conceitos de *Lean Management* e I4.0 apesar de terem surgido em momentos distintos, têm na sua raiz o mesmo propósito – tornar a produção mais eficiente, promovendo a fluidez e comunicação entre processos (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

As tecnologias aplicadas no âmbito da I4.0 poderão surgir como solução para alcançar, de forma mais rápida e eficiente, os princípios da produção *Lean*, como por exemplo o *Just-in-Time*. Alguns métodos como os cartões *kanban* ou os quadros Andon¹, existentes atualmente na maioria das fábricas, consequência da aplicação do *Lean manufacturing*, poderão ser substituídos por simples fluxos de informação entre máquinas no contexto da Indústria 4.0. A conectividade entre áreas, possibilitando a partilha de informação em tempo real, poderá potenciar reações rápidas à dinâmica do mercado e à resolução dos problemas. Com o uso destas ferramentas, as organizações terão excelentes oportunidades para automatizarem alguns dos seus processos, reduzindo a complexidade a eles associados, ao mesmo tempo que eliminam as fontes de desperdício e ineficiência (Torbjorn, 2015).

Um dos aspetos mais importantes que leva as empresas a procurarem soluções na gestão *Lean* é a fluidez nos processos e comunicação com os parceiros, onde se incluem os fornecedores. A sincronização de dados da produção e rastreabilidade das matérias-primas e/ou produto acabado

¹ Ferramenta visual associada ao *lean manufacturing* que alerta, numa linha de produção, para a necessidade de uma determinada ação e local onde deve ser efetuada.

através de tecnologias inteligentes (Cannata, Gerosa, & Taisch, 2008) poderá potenciar um aumento da eficácia dos fluxos de informação entre a organização e parceiros, refletindo-se, por exemplo, em entregas atempadas de bens e serviços, bem como na sincronização e otimização de rotas (Bose & Pal, 2005; Caballero-Gil, Molina-Gil, Caballero-Gil, & Quesada-Arencibia, 2013).

A literatura indica que os princípios da I4.0 podem contribuir de forma significativa para a aplicação dos princípios *Lean* nos processos produtivos. A aplicação de tecnologias como por exemplo, sensores em fluxos automáticos de informação ou RFID na identificação e localização de componentes, são possíveis soluções para tornar os processos bastante mais eficazes e eficientes nas organizações, contribuindo ainda para a monitorização da qualidade dos produtos.

Na verdade e em jeito de conclusão, uma organização em que os princípios *Lean* estejam consolidados nas práticas da gestão diária estará, com certeza, melhor preparada para integrar as tecnologias associadas à I4.0 (Sartal, Llach, Vázquez, & de Castro, 2017). Por outro lado, as tecnologias associadas à I4.0 devem ser vistas como uma forma de tornar os princípios *Lean* mais eficazes e sustentáveis dentro de uma organização (Sanders et al., 2016; Torbjorn, 2015).

2.4.3 Sistemas de Informação e Indústria 4.0

Nas últimas duas décadas, a indústria tradicional tem sofrido grandes alterações através da implementação de TICs, com vista a um aumento da eficiência dos processos e como consequência da produtividade (Moica et al., 2018). No entanto, com o próprio avanço das tecnologias surgem novos paradigmas como é o caso da I4.0, que pressupõe conectividade entre sistemas de forma a monitorizar toda a cadeia de valor, permitindo um fluxo contínuo, automático e autónomo desde a recolha, armazenamento, processamento e análise dos dados, até à disponibilização da informação a quem de direito (Santos et al., 2017).

O desafio na implementação de um sistema de monitorização em tempo real está precisamente na integração de todos os SIs e processos numa organização. A integração das fontes de informação poderá eliminar as fontes de ineficiência e inconsistência de informação, permitindo que toda a organização apoie os seus processos na mesma base informativa, por sua vez, precisa, fidedigna e atualizada.

A Indústria 4.0 é um paradigma que, através de várias componentes tecnológicas como é o caso da IoT e dos sistemas CPS, oferece soluções de integração de sistemas e que de forma tradicional operariam em “silos” independentes e sem qualquer comunicação (Sishi & Telukdarie, 2017).

Dentro de uma organização, dependendo do tipo de indústria, dos investimentos e dos seus objetivos, é possível encontrarem-se vários tipos de sistemas, tais como: sistemas de controlo de produção, sistemas de sensores, sistemas robóticos colaborativos, aplicações de garantia de qualidade, aplicação de captura de movimento (para monitorização da ergonomia e rastreabilidade), aplicações

de transporte, entre outros. Todos estes sistemas quando integrados, por exemplo, com recurso a um sistema ERP usando os princípios de conectividade da Indústria 4.0, podem potenciar determinados benefícios, eliminando simultaneamente os desperdícios normalmente associados à redundância de sistemas, redundância de dados e redundância de recursos necessários para gestão daqueles (Erol, Jäger, Hold, Ott, & Sihm, 2016).

3. ESTUDO PRÁTICO – ANÁLISE E PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO INTEGRADA NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0 TENDO EM CONTA O PENSAMENTO LEAN

3.1 Contextualização do problema e objetivos

A correta definição dos indicadores de desempenho de um determinado processo ou projeto dentro de uma organização assume hoje um papel primordial, na medida em que agregam um conjunto alargado de informação e fornecem uma visão geral da evolução da organização, tendo como base diferentes fontes de informação.

Na organização onde decorreu o presente estudo são analisados diariamente vários indicadores que retratam o desempenho da fábrica, nomeadamente: defeitos de qualidade, eficiência, aderência ao nivelamento, stock em curso de fabrico, atrasos, horas de paragem, lotes reprovados e incidentes de trabalho. Esta análise atualmente decorre numa reunião diária com o objetivo de explorar o estado de cada indicador, partilhar resultados revelantes com os respetivos responsáveis e áreas de interesse e, no caso de ser necessário, definir as ações corretivas inseridas numa *Open Point List* (OPL), com a determinação de um responsável e uma data de resolução. A reunião tem por base a informação registada num documento *Excel*, onde figuram todos os gráficos dos indicadores e um *OneNote*, em que está presente a referida OPL, assim como informação a remeter para outros documentos.

Este procedimento pelo facto de envolver a recolha de dados de diferentes fontes, muitos desses dados estarem incompletos e serem recolhidos de forma manual e posteriormente serem guardados num formato pouco apropriados (*Excel*), contribui para a ineficácia do processo, que se traduz: (i) num esforço adicional para a análise, (ii) na dificuldade em análises posteriores pela ausência de dados históricos facilmente recuperáveis e dificilmente comparáveis, (ii) na possibilidade de manipulação manual dos resultados por falta de segurança em termos de restrições de acesso e, ainda, (iii) na dificuldade de interpretação fácil e rápida dos resultados por falta de mecanismos de visualização interativos e dinâmicos.

Tendo como base o problema descrito, a organização pretende conceptualizar uma solução que potencie a visualização dos indicadores de forma fácil, comunicando automaticamente os resultados de forma imediata às diferentes áreas (pessoas certas), de modo a suportar a decisão no momento exato.

Assim, surge como objetivo deste trabalho, a eliminação do desperdício no processo associado ao fluxo de informação que visa a apresentação dos indicadores, culminando numa solução automática de recolha de dados, com mecanismos de visualização (*dashboard*) centrados no utilizador e orientados ao decisor. Adicionalmente, pretende-se que a solução encontrada antevaja as causas dos desvios verificados.

De salientar que a empresa em causa está a apostar em soluções da I4.0, uma vez que estas podem dar resposta aos problemas associados com a falta de conectividade e integração dos dados, disponibilizando informação em tempo real, centrada no utilizador e na utilização. No presente momento a empresa já possui algumas tecnologias associadas a este paradigma, como são os casos do RFID, das ferramentas de rastreio e localização de componentes e dos AGV's (*automated guided vehicle*) – robots autónomos para transporte de material entre a fábrica e o armazém de componentes. A empresa está também a aplicar progressivamente nas suas células produtivas sistemas conectados ao nível das máquinas e equipamentos que permitem uma monitorização automática de tudo o que acontece numa determinada célula, possibilitando a análise ‘ao minuto’, das paragens das máquinas das unidades produzidas, do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) das células produtivas, entre outra informação relevante.

Descrito este cenário e tendo como ponto de partida o objetivo acima revelado pretende-se, assim, estender as soluções no âmbito da I4.0 por forma a automatizar o fluxo de informação associado à apresentação dos indicadores, ao mesmo tempo que se aplicam os princípios do *Lean Thinking* para a eliminação dos desperdícios associados ao respetivo processo. Para isso é necessário integrar todas as soluções isoladas que atualmente contribuem com dados para o cálculo dos indicadores, analisar os dados em falta e criar mecanismos para a sua recolha e, dada a importância da visualização neste tipo de sistemas, avaliar a melhor forma de apresentar os resultados (indicadores) aos diferentes decisores. Assim, pretende-se com o presente projeto conduzir um estudo exploratório que culmine na especificação e conceptualização de uma solução tecnológica robusta e integrada, para disponibilização e visualização de indicadores em tempo real, orientada ao decisor e centrada no utilizador.

As fases que se seguem, usadas no desenvolvimento do projeto, são baseadas nas fases do ciclo do BPM (*Business Process Model*), constituindo esta a base metodológica adotada.

3.2 Descoberta e Mapeamento do Processo AS-IS

Por forma a compreender o problema e principalmente identificar as principais fontes de desperdício, ou atividades de NVA, foi feito o mapeamento do processo estudado, com recurso ao BPMN (*Business Process Model and Notation*). Esta linguagem fornece uma notação gráfica de representação de processos através do *Business Process Diagram* (BPD) e é frequentemente usada pelos analistas durante a fase de especificação de requisitos (Chinosi & Trombetta, 2012).

O BPMN foi escolhido pelo facto de representar a notação mais adequada e utilizada na modelação de fluxos de trabalho, fluxos de informação e processos de negócio, cujo objetivo consiste na ilustração dos processos existentes numa organização através da representação das suas atividades, tarefas, eventos e outros elementos, possibilitando a avaliação do seu desempenho (Lin, Yang, & Pai, 2002).

Em termos práticos os dados que suportaram o mapeamento foram recolhidos com a ajuda e através do acompanhamento dos colaboradores no seu contexto real de trabalho. Dado que o processo de recolha de dados e tratamento dos indicadores se revelou diferente de indicador para indicador e de colaborador para colaborador, optou-se por mapear os processos individuais partindo de uma análise macro e detalhando até aos seus subprocessos. As figuras 3, 4 e 5 mostram um exemplo, para o caso dos indicadores da responsabilidade do colaborador 1, indicando quais as fontes de dados utilizadas, se há tempos de espera associados, quais os fluxos de informação e mensagens entre as diferentes áreas da organização, e quais os ficheiros de suporte utilizados.

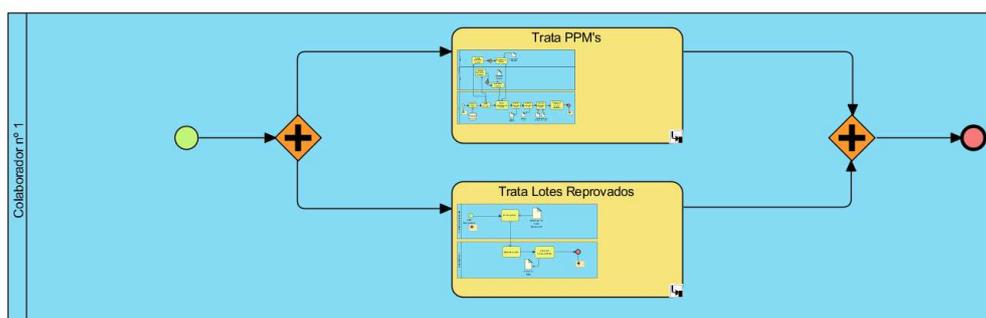


Figura 3 - Atividades do Colaborador relativos aos indicadores “PPM's” e “Lotes Reprovados”.

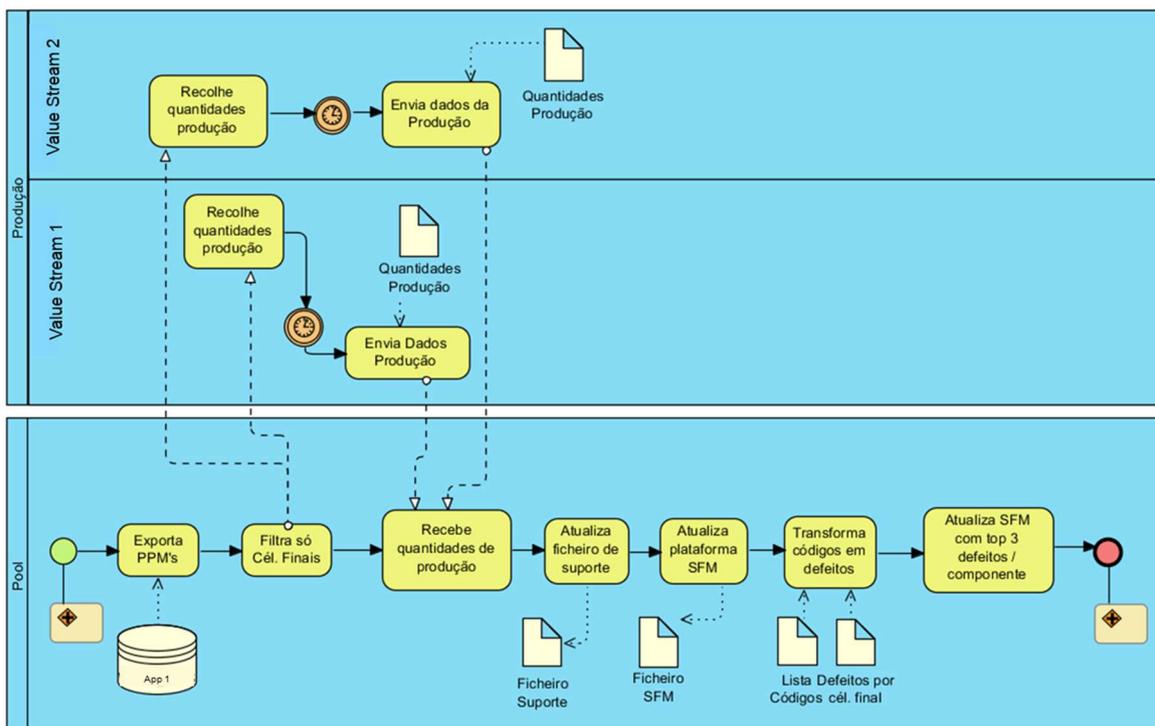


Figura 4 –Subprocesso “Trata PPM's”.

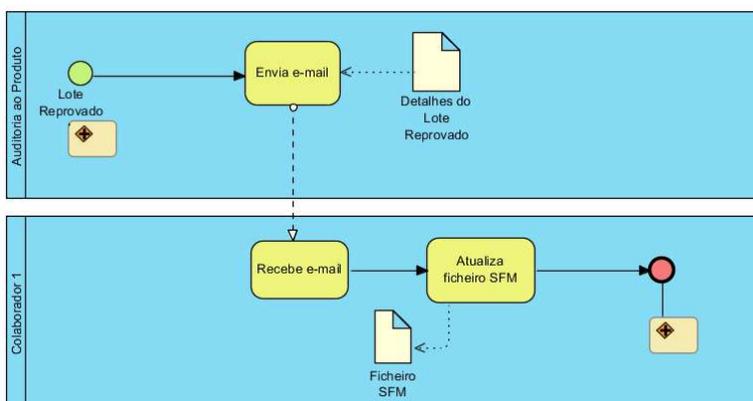


Figura 5 –Subprocesso “Trata Lotes Reprovados”.

O acompanhamento do processo permitiu ainda recolher perceções dos colaboradores, que mencionaram alguns problemas associados ao processo atual, mais especificamente: excesso de trabalho manual, diversidade de fontes de informação, *bugs* devido à utilização simultânea dos documentos, ficheiros de suporte e documentos pouco intuitivos e claros e, ainda, falta de tempo para analisar os resultados obtidos.

3.3 Análise do processo e propostas de melhoria

Após compreender em detalhe o processo em estudo, tornou-se prioridade perceber para cada problema retratado as suas causas ‘raiz’. O diagrama de *Ishikawa*, que representa uma ferramenta de qualidade muito utilizada nas abordagens *Lean*, permite ter a perceção visual das falhas e aferir as suas principais causas (Meyer, 2007), normalmente desconhecidas e ‘escondidas’ por detrás

daquelas falhas. A figura 6 esquematiza as causas ‘raiz’ associadas às fontes de desperdício no processo estudado, tendo como base a representação do diagrama de *Ishikawa*.

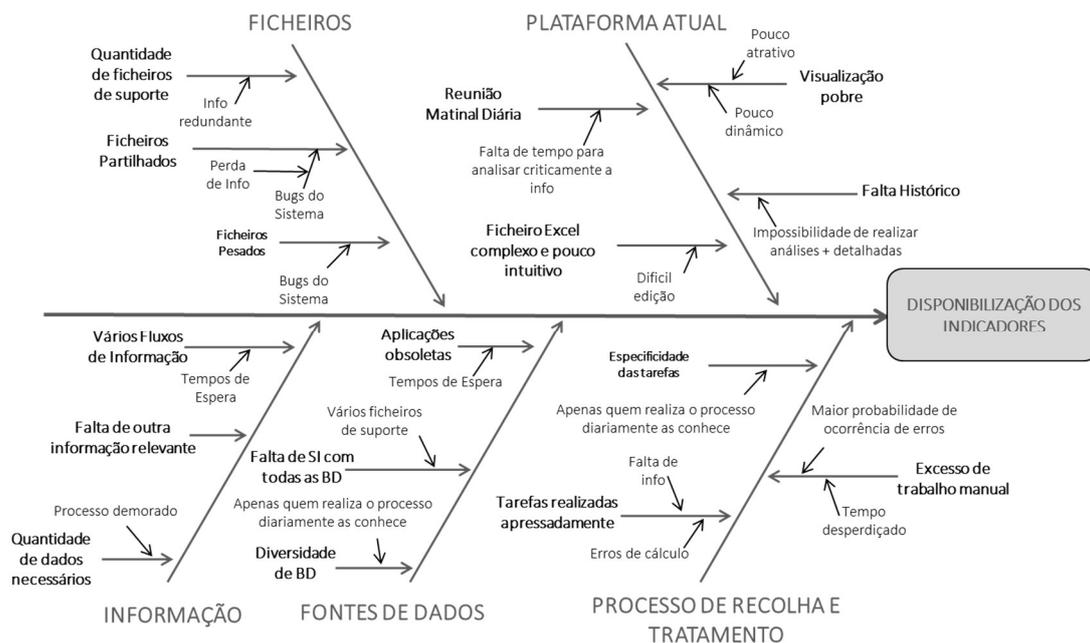


Figura 6: Diagrama de *Ishikawa* com as causas raiz dos problemas.

A partir da representação é possível verificar que existem diversas fontes de problemas. A quantidade de fontes diferentes de informação, informação incompleta, formatos de armazenamento menos próprios, formatos de visualização inadequados e redundância de recursos e esforço adicional para compreensão da informação representam, talvez, os aspetos mais críticos identificados na análise. Com uma solução tecnológica integrada seria possível otimizar os fluxos de informação, eliminar grande parte dos desperdícios identificados, libertando simultaneamente recursos para analisar de forma crítica os resultados e tomar ações no sentido de corrigir os desvios. O Diagrama de *Ishikawa* permite de forma visual perceber ainda que, para além dos motivos das falhas mais evidentes, existem outros que a organização desconhecia e, que por isso, não tinham a devida atenção no que respeita à sua resolução.

Tendo como base os problemas identificados, foram propostas e implementadas algumas melhorias, no processo. De salientar que em termos de desenho do processo não ocorreram grandes alterações, no entanto alguns desperdícios foram eliminados com a implementação de simples ações de melhoria. Alguns exemplos serão descritos a seguir.

- Inserção do TOP 3 de componentes com mais defeitos, TOP 3 de causas para elevados valores de *Work in Progress*, TOP 3 de secções com mais falhas na Aderência ao Nivelamento e dados relativos às horas de paragem da fábrica (tempo e custo de cada paragem). Foi importante garantir que com alterações ao ficheiro não se aumentava a

complexidade do trabalho manual, mas também verificar se a informação agora disponibilizada era necessária e relevante para a gestão diária.

- A forma de apresentação da informação em gráficos foi repensada e redesenhada, de forma a incluir mais informação e num formato mais usável. É agora possível verificar, num mesmo gráfico, a proximidade de um indicador para com o valor alvo, tanto numa base mensal como anual ou a evolução mensal de um dado indicador, estando também inserido no gráfico o TOP 3 referido anteriormente.
- De forma a aferir a importância dos indicadores em cada *timing*, foi analisada a frequência com que os mesmos deveriam ser apresentados aos decisores, revendo assim a sua prioridade da apresentação na *dashboard*. Por exemplo, após este estudo alterou-se a frequência de análise de alguns indicadores, esperando que isto se reflita nos cenários de apresentação dos indicadores numa eventual *dashboard*.

3.4 Proposta de uma Solução Integrada

Como já foi referido o objetivo final deste projeto consiste na conceptualização de uma solução integrada (Sistema de Informação) que permita aos utilizadores consultar os indicadores relevantes para a sua gestão diária. Pretende-se que esta solução, para além de promover interfaces mais intuitivas e dinâmicas, torne o processo mais autónomo, integrando as tecnologias aplicadas no âmbito da I4.0, o que se verificaria num processamento e disponibilização dos indicadores em tempo real com eliminação do trabalho manual.

De salientar que, pelo facto de se tratar de um processo de cálculo e disponibilização de indicadores, a grande quantidade de dados envolvidos e a diversidade de fontes de informação de suporte torna o processo complexo, embora aparentemente pareça simples. Como tal, em termos de requisitos, pretende-se que a solução proposta incorpore numa *dashboard* toda a informação relevante em termos de indicadores, apresentando-os aos utilizadores certos, no *timing* correto e por ordem de relevância.

Para cada indicador, deve ser possível visualizar diversos gráficos, conforme as opções que o utilizador selecionar, como por exemplo, visualizar por dia, mês ou ano, tendo ainda a possibilidade de duplo-clique sobre o gráfico para expansão dos dados.

Deve ser também possível visualizar o histórico do ano anterior, para que se possa comparar os mesmos períodos de tempo. Em cada gráfico deve ainda figurar o *target* definido pela organização para o respetivo indicador.

Se pretender, o utilizador poderá requisitar ao sistema relatórios com informação condensada sobre a globalidade dos indicadores ou um indicador em específico. Estes relatórios devem conter o estado ao mês e ao ano, a evolução do indicador relativamente ao *target*, as áreas com um impacto negativo

mais significativo sobre esse indicador e, ainda, os pontos abertos na OPL referentes a esse indicador.

A OPL deve ser uma página de texto, passível de ser editada a qualquer momento, que deve conter a ação a tomar, o respetivo responsável e data de resolução. Na interface principal da OPL devem ser visíveis as ações a ser ou já tomadas nesse mês, sendo possível também consultar o histórico de ações tomadas anteriormente no ano corrente.

Como atores desta solução têm-se os vários sistemas legados que irão integrar a solução final, uma vez que parte dos dados necessários para o cálculo dos indicadores existe atualmente noutros sistemas, como é o caso do ERP / SAP, MES, e uma Aplicação Interna (anonimizada por motivos de confidencialidade). Tem-se ainda os utilizadores que serão todos os responsáveis pela análise de indicadores e que aos mesmos deverão ter acesso, como é o caso administradores, diretores e responsáveis de área e o Planeador.

A figura 7 representa, com base num diagrama de *use-cases* em UML, os diferentes atores e funcionalidade de alto nível da solução proposta.

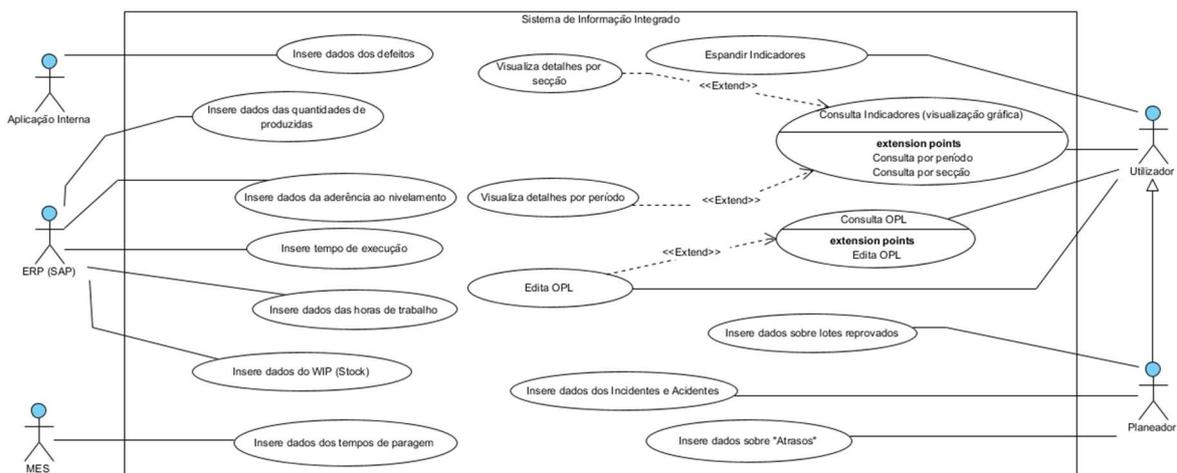


Figura 7 - Diagrama de *use-cases* da solução proposta.

Por forma a dar resposta às funcionalidades apresentadas, conta-se com a integração de vários componentes como, (i) sistemas legados já existentes, (ii) sistemas de recolha automática de dados das células produtivas com recursos a tecnologias de RFID e outras tecnologias associadas à IoT atualmente em desenvolvimento na organização e, ainda, (iii) com uma componente manual de inserção efetuada pelo Planeador.

3.5 Protótipo e Teste de Conceito

A eficácia de uma solução deve ser garantida antes da sua implementação. Como tal, antes da implementação real da solução proposta fez-se o teste de conceito tendo por base o desenvolvimento de um protótipo vertical. Pelo facto da empresa pretender no futuro uma solução robusta e transversal

a toda a organização, inserida nas práticas da I4.0, o presente protótipo será descartado aquando da implementação da nova solução. No entanto, para além de ter como objetivo a prova de conceito e testar junto aos utilizadores a eficácia da solução proposta, atualmente este protótipo funcional está a ser utilizado para colmatar as necessidades relativas ao cálculo dos indicadores e apresentação dos resultados aos respetivos decisores, tendo-se revelado bastante útil.

Em termos tecnológicos, o protótipo foi desenvolvido com recurso a uma base de dados em *MS-Access* ligada a um software de *Business Intelligence* designado *Power BI*. A base de dados está preparada para receber diretamente os dados necessários vindos do ERP, devolvendo o resultado sob a forma de indicador de forma automática. A título de exemplo, para os indicadores em que os dados necessários para o seu cálculo são oriundos do ERP, a solução mostrou um ganho de tempo no processamento e disponibilização do indicador, bem como libertação de recursos associados ao seu cálculo. Para os indicadores como é o caso dos defeitos de qualidade, não foi possível evitar a colocação manual dos dados no sistema, pelo facto de não existirem no formato digital. No entanto, é agora possível a criação de um histórico do indicador, que permite uma análise detalhada e respetivo acompanhamento.

O software *Power BI*, revelou-se bastante útil no contexto desse projeto, tratando-se de ferramenta de análise de dados com *outputs* gráficos apelativos e dinâmicos. A potencialidade deste software é ainda maior quando conectado com base de dados, uma vez que todas as alterações efetuadas localmente serão automaticamente refletidas nos gráficos.

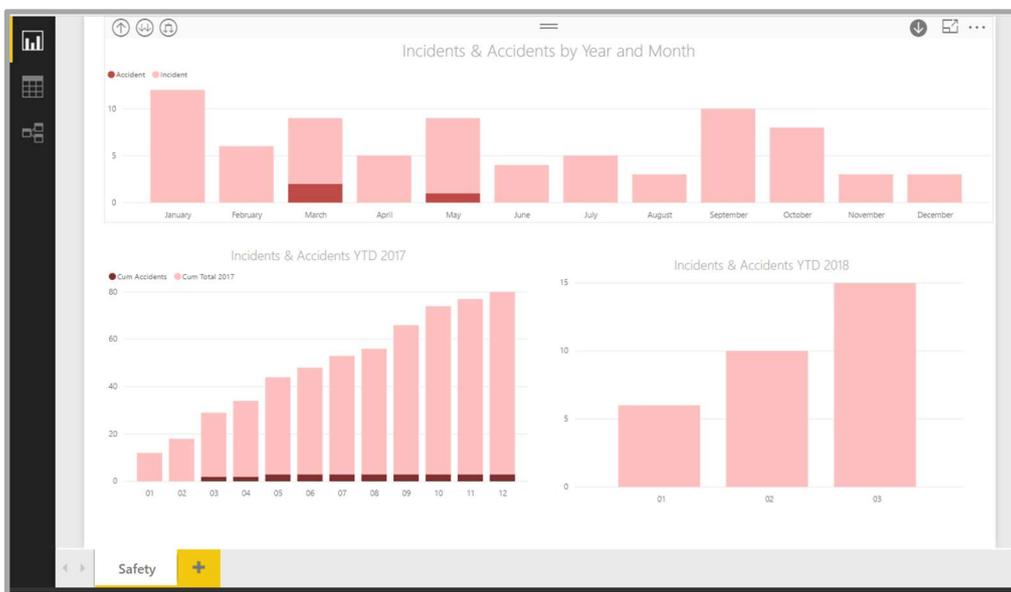


Figura 8 – Exemplo de uma interface do Protótipo da solução proposta.

A figura 8 exemplifica uma interface do protótipo desenvolvido tendo em conta os requisitos descritos.

4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O trabalho descrito neste artigo, conduzido no âmbito de uma empresa industrial, visou a integração de conceitos vindos das três grandes áreas (SI, *Lean* e I4.0) e teve como objetivo a eliminação do desperdício associados ao processo de recolha e processamento de dados para o cálculo de indicadores. Como resultado surge a proposta de uma solução tecnológica integrada alinhada com os princípios da I4.0.

De notar que a solução proposta teve como base uma análise cuidada dos indicadores (KPIs), das fontes de informação e dos formatos de armazenamento dos dados necessários para o cálculo daqueles. Por forma a conhecer todos os elementos e, acima de tudo, perceber as fontes de desperdícios e atividades de NVA, fez-se também o acompanhamento dos procedimentos atuais para o cálculo dos indicadores e respetivo mapeamento dos processos, tendo como base o BPMN e as práticas *Lean*. Consideraram-se ainda todos os miniprojectos atualmente em desenvolvimento na organização em resposta aos desafios da I4.0 e que, futuramente, poderão integrar a nova solução. Com base nesta análise redefiniram-se algumas atividades do processo, redesenharam-se alguns indicadores e formas de apresentação, cadastraram-se as fontes de informação que integrarão o novo sistema e conceptualizou-se a solução, alinhando-a com os conceitos da I4.0 já praticados pela organização.

Finalmente, por forma a validar o conceito associado à solução proposta, foi desenvolvido um protótipo funcional com recurso ao *MS-Access* conectado a um software de *Business Intelligence* designado *Power BI*. De salientar que, apesar do protótipo ter como objetivo principal a prova de conceito, testando a eficácia da solução proposta antes da sua implementação, o mesmo está a ser utilizado para colmatar as necessidades relativas ao cálculo dos indicadores e apresentação dos resultados aos respetivos decisores.

Em jeito de conclusão e em termos práticos, este trabalho contribuiu com um estudo exploratório e uma base preparatória para a implementação de um SI integrado numa indústria que tenciona responder aos desafios impostos pela I4.0. Em termos teóricos, o trabalho compila um conjunto de evidências vindas de três grandes áreas – SI, *Lean* e I4.0, atualmente responsáveis pela automação, modernização e inovação tecnológica na indústria.

REFERÊNCIAS

- Blijleven, V., Koelemeijer, K., & Jaspers, M. (2017). Identifying and eliminating inefficiencies in information system usage: A lean perspective. *International Journal of Medical Informatics*, 107, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.08.005>
- Bose, I., & Pal, R. (2005). Auto-ID: Managing anything, anywhere, anytime in the supply chain. *Communication of the ACM*, 48(8), 100-106. <https://doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/1076211.1076212>
- Buse, R. P. L., & Zimmermann, T. (2012). Information needs for software development analytics. *Proceedings*

- of the 34th International Conference on Software Engineering, 987–996.
<https://doi.org/10.1109/ICSE.2012.6227122>
- Caballero-Gil, C., Molina-Gil, J., Caballero-Gil, P., & Quesada-Arencibia, A. (2013). IoT application in the supply chain logistics. In *International Conference on Computer Aided Systems Theory* (Vol. 8112 LNCS, pp. 55–62). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53862-9-8>
- Cannata, A., Gerosa, M., & Taisch, M. (2008). SOCRADES: A framework for developing intelligent systems in manufacturing. *Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference on*, 1904–1908. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738203>
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing : Perspectives and Enablers. *Engineering*, 3(5), 588–595. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN : An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.372>
- Demoč, V., Vyhnáliková, Z., & Aláč, P. (2015). Proposal for Optimization of Information System. *Procedia Economics and Finance*, 34(15), 477–484. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01657-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01657-3)
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4 . 0 : a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- Ferreira, R. V., & Cherobim, A. P. M. S. (2012). Impacto dos investimentos em TI no desempenho organizacional de empresas de panificação de minas gerais: estudo multicaso. *BASE - Revista de Administração E Contabilidade Da Unisinos*, 9(2), 147–161. <https://doi.org/10.4013/base.2012.92.04>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universität Dortmund, working paper*, (01).
- Hicks, B. J. ã. (2007). Lean information management : Understanding and eliminating waste, 27, 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Ibbitson, A., Smith, R., & In, S. E. (2011). The Lean Information Management Toolkit: Ark Group.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Juwita, O., & Arifin, F. (2017). Design of information system development strategy based on the conditions of the organization. *Computer Applications and Information Processing Technology (CAIPT), 2017 4th International Conference*, 1-5.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0, *Management of permanent change*, 23-45. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2015). ScienceDirect A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4 . 0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Liker, J. K. (2004). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman Editora. <https://doi.org/9788536304953>
- Lin, F., Yang, M., & Pai, Y. (2002). A generic structure for business process modeling. *Business Process Management Journal*, 8(1), 19–41. <https://doi.org/10.1108/14637150210418610>
- Meyer, V. R. (2007). Measurement uncertainty. *Journal of Chromatography A*, 1158(1–2), 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.02.082>
- Moica, S., Ganzarain, J., Ibarra, D., & Ferencz, P. (2018). Change Made in Shop Floor Management to Transform a Conventional Production System into an “Industry 4.0.” *7th International Conference on Industrial Technology and Management*, 51–56.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.

- Peppard, J., & Ward, J. (2004). Beyond strategic information systems: Towards an IS capability. *Journal of Strategic Information Systems*, 13(2), 167–194. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2004.02.002>
- Rainer, R. K., & Cegielski, C. G. (2010). Ethics, privacy, and information security. *Introduction to information systems: Supporting and transforming business, 3rd ed, 70–121*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4 . 0 Implies Lean Manufacturing : Research Activities in Industry 4 . 0 Function as Enablers for Lean Manufacturing, 9(3), 811–833.
- Santos, M. Y., Oliveira, J., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., ... Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4 . 0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750–760. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.07.012>
- Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X. H., & de Castro, R. (2017). How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies? *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.10.005>
- Sishi, M. N., & Telukdarie, A. (2017). Implementation of industry 4.0 technologies in the mining industry: A case study. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2017 IEEE International Conference*, 201-205.
- Torbjorn, N. (2015). Industry 4.0: Where does it leave lean ?, 22–23.
- Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4 . 0 : A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>