

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

CAIO VICTOR RIBEIRO BAETA

DIGITALIZAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN EM INDÚSTRIAS 4.0

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

BELO HORIZONTE

2018

CAIO VICTOR RIBEIRO BAETA

DIGITALIZAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN EM INDÚSTRIAS 4.0

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro de
Sistemas, da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof. Ana Liddy Cenni de
Castro Magalhães

BELO HORIZONTE

2018

RESUMO

Este trabalho discute as chamadas metodologias Lean, e como as tecnologias atuais podem ser utilizadas para a digitalização e integração de suas ferramentas e conceitos em sistemas robustos e confiáveis. Considerando a atual “Era Digital” na qual tudo é integrado e sensorizado, dados são gerados a todo momento em diferentes processos e eventos, com ou sem interação humana. Ao coletar estes dados, é possível transformá-los em informação útil para grandes tomadas de decisão, e por consequência criam-se oportunidades de ganho em diversos aspectos como tempo, dinheiro, produtividade e redução de desperdícios. O tema será abordado falando sobre o surgimento do pensamento *Lean*, sua história e necessidade no mercado atual, como a engenharia e técnicas de gerenciamento de projetos podem auxiliar para melhoria de resultados que o pensamento *Lean* pode gerar e quais os impactos que os avanços resultantes dessas metodologias podem gerar nos meios socioeconômicos. Para facilitar o entendimento do tema, serão utilizados alguns exemplos de metodologias *Lean* aplicadas à redução de desperdícios em uma linha de produção.

Palavras-chave: Lean. Digitalização. Integração. Era Digital. Tomadas de Decisão. Melhoria de Resultados. Redução de Desperdícios. Linha de Produção.

ABSTRACT

The dissertation focuses on so-called Lean methodologies, and how current technologies can be used to digitize and integrate their tools and concepts into robust and reliable systems. Considering the current Digital Age where everything is integrated and sensorized, data are generated in different processes and events, with or without human interaction. By collecting these data, it is possible to transform them into useful information for major decision-making, and creates opportunities in various aspects such as time, money, productivity and waste reduction. This dissertation will be addressed by talking about how Lean was born, its history and need in today's marketplace, in how engineering and project management techniques can deliver the best results and the impacts that the advances resulting from these methodologies can generate in the socio-economic scenarios. To facilitate the understanding of the topic, it will discuss some examples of Lean methodologies applied in the reduction of wastes in a production line.

Keywords: Lean. Digitize. Integration. Digital age. Decision Making. Results' Improvement. Waste Reduction. Production line.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura básica de cada *Sprint*.....**Erro! Indicador não definido.**8

Figura 2 - Foco de cada revolução industrial.....**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Exemplos de pontos a serem analisados para construção de um Product Backlog | 25 |
|--|----|

LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|------|--|
| IloT | <i>Industrial Internet of Things</i> (do inglês Internet Industrial das Coisas) |
| IoT | <i>Internet of Things</i> (do inglês Internet das Coisas) |
| DLM | <i>Digital Lean Management</i> (do inglês Gestão Digital de Lean) |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 CONCEITOS | 11 |
| 2.1 LEAN E SEUS CINCO PRINCÍPIOS | 11 |
| 2.1.1 Valor | 11 |
| 2.1.2 Fluxo de Valor..... | 13 |
| 2.1.3 Fluxo Contínuo..... | 14 |
| 2.1.4 Produção Puxada: Atender as Demandas | 15 |
| 2.1.5 Perfeição: <i>Kaizen</i> | 15 |
| 2.2 METODOLOGIA ÁGIL: SCRUM FRAMEWORK | 16 |
| 2.2.1 O que são os frameworks ágeis..... | 16 |
| 2.2.2 SCRUM <i>Framework</i> | 17 |
| 2.3 INDÚSTRIA 4.0..... | 19 |
| 3 DESENVOLVIMENTO..... | 21 |
| 3.1 INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS | 21 |
| 3.2 DIGITAL LEAN MANAGEMENT | 23 |
| 3.3 EXEMPLO DE SCRUM APLICADO A DLM..... | 24 |
| 4 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS | 27 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 29 |
| REFERÊNCIAS..... | 31 |

1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XVIII o mundo passava pela sua primeira Revolução Industrial, e desde então tem-se um histórico evolutivo crescente de como as indústrias se desenvolveram, trazendo por consequência desenvolvimento para a sociedade. A cada década que se passou, a evolução foi cada vez mais crescente e acentuada, e o foco na otimização de produtos e processos produtivos foi perceptível. [1] Um mundo cada vez mais globalizado e conectado requer resultados cada vez melhores e mais competitivos, e dessa forma diferentes metodologias de melhoria de processos de produção nasceram em prol da redução de desperdícios e incremento dos lucros. Uma dessas criações foi a metodologia Lean.

Desenvolvida inicialmente com o nome de Sistema Toyota de Produção, a Metodologia Lean nasceu dentro da Toyota como necessidade para a empresa entrar no mercado de produção de automóveis e concorrer junto a grandes nomes do mercado Europeu e Americano, tendo recebido esse nome quando a empresa ganhou atenção mundial pela rápida superação da crise do petróleo de 1973. [3]

A filosofia Lean, também conhecida como *Lean Thinking* ou pensamento Lean, possui cinco princípios que devem ser considerados na seguinte sequência [4]: Valor (definir o que é valor sob a ótica do cliente), Fluxo de Valor (identificar o fluxo de valor e redefinir os processos, restando apenas o que gera valor ao cliente), Fluxo Contínuo (estabelecer um fluxo para os processos que restaram), Produção Puxada (fazer apenas quando o cliente solicitar) e Perfeição (ou *Kaizen* – melhoria contínua de tudo que está envolvido no fluxo de valor). Além disso, *Lean Thinking* também pode ser entendido como um sistema de gestão e uma estratégia de negócios voltada exclusivamente para aumentar a satisfação dos clientes. [4]

Considerando os cinco princípios citados como base para a utilização de metodologias *Lean* na redução de desperdícios e agregação de valor, o objetivo deste trabalho é apontar a oportunidade de otimização do pensamento *Lean* ao aproveitar-se de novas tendências da indústria 4.0, como a utilização de metodologias ágeis para gerenciamento de projeto, geração e coletas de dados e informações relevantes, e técnicas para tomadas de decisão assistida e melhoria contínua dos processos de produção. Este trabalho será utilizado futuramente como framework para desenvolvimento do segundo trabalho de conclusão de curso em Engenharia de

Sistemas, que tem como objetivo desenvolver um sistema para gerenciamento de estações de trabalho, com apontamento de paradas e desperdícios de atividades.

Este trabalho é organizado em cinco capítulos. O capítulo 1 apresentou uma introdução ao tema com sua contextualização e motivação, bem como o objetivo e a estrutura do desenvolvimento do trabalho. O capítulo 2 apresenta uma descrição mais detalhada dos conceitos relacionados à Metodologia Lean, gerenciamento de projetos utilizando o SCRUM como ferramenta ágil, além de como esses dois frameworks podem se unir para auxiliar na evolução da indústria 4.0. O Capítulo 3 discorre sobre a aplicação de SCRUM para gerenciamento de projetos, e levantamento de dados para validar os benefícios de digitalização de Lean. Todos os temas serão conectados em um exemplo de melhoria em um processo de manufatura. O capítulo 4 cria uma conexão de todo o conteúdo desenvolvido com seus impactos sociais e econômicos. Por fim, o capítulo 5 traz uma conclusão do trabalho e dos resultados de cada tema abordado, bem como apresenta em linhas gerais o que será desenvolvido em continuidade a este trabalho.

2 CONCEITOS

Este capítulo apresenta um detalhamento dos conceitos de Lean e métodos ágeis de gerenciamento de projeto, bem como uma breve explicação sobre Indústria 4.0. O objetivo é conectar suas aplicações relacionadas a digitalização nos processos de melhoria de resultados em manufatura.

2.1 LEAN E SEUS CINCO PRINCÍPIOS

Segundo a instituição *Lean Institute Brasil* [5], trata-se de um corpo de conhecimento cuja essência é a capacidade de eliminar desperdícios continuamente e resolver problemas de maneira sistemática. Isso implica repensar a maneira como se lidera, gerencia e desenvolve pessoas e processos. É por meio do pleno engajamento das pessoas envolvidas com o trabalho que se consegue vislumbrar oportunidades de melhoria e ganhos sustentáveis. Para sustentar o esforço de transformação, mecanismos gerenciais precisam ser criados ou modificados e o comportamento das lideranças deve ser condizente com as novas premissas fundamentais. Considerando esses importantes elementos, aumenta-se a chance de sucesso e sustentação dos esforços de transformação, tornando possível a incorporação do pensamento *Lean* às práticas do dia a dia de maneira perene. [5]

Toda iniciativa *Lean* precisa estar embasada em propósitos claramente definidos e orientados à criação de valor para o cliente. A partir dessa necessidade, estabelece-se uma relação com as mudanças requeridas nos processos e na maneira como o trabalho está organizado. [5] Para estabelecer o que é importante para o cliente, a Metodologia *Lean* é sustentada pelos cinco pilares que serão descritos mais a fundo nos próximos tópicos.

2.1.1 Valor

Para se entender melhor a visão *Lean* é importante que se tenha em mente que o termo desperdício ganha aqui uma conotação específica e uma autêntica subordinação à ideia de valor. Ou mais especificamente, ao valor percebido pelos clientes considerando suas expectativas, necessidades e desejos. A melhor maneira

de se identificar os desperdícios segundo a visão *Lean* é se colocar na posição do cliente e refletir criticamente sobre os processos de produção, na forma como são presentemente executados. [2]

Como exemplo, será utilizado o desenvolvimento do *layout* de um restaurante. O gestor deste estabelecimento estará preocupado em colocar o maior número de pessoas possível dentro do espaço que possui. Considerando neste cenário que o conceito de desperdício está ligado à má utilização deste espaço, ele tem razão. Quanto mais pessoas for possível colocar no espaço, maior será a arrecadação, e dessa forma agrega-se valor ao gestor colocando-se o maior número possível de assentos que maximize a quantidade de clientes que ele poderá atender.

Por outro lado, pensando no ponto de vista do cliente deste restaurante, se forem colocadas várias mesas pequenas e cadeiras apertadas para que sirvam o máximo de pessoas possível, também é gerado um desperdício pela falta de conforto, que certamente resultaria em um número pequeno de clientes satisfeitos, e reduziria a arrecadação do gestor. Mas se o cliente pudesse escolher, iria preferir assentos bem baratos e poucas pessoas para compartilhar do seu espaço, reduzindo o impacto de tempo de atendimento.

O que se pode concluir deste exemplo é que existe um impasse que deve ser resolvido de maneira a minimizar quaisquer desperdícios que possam aparecer. É notável que o ganho em larga escala é muito mais lucrativo para o gestor, mas se o cliente desse restaurante não obtiver o conforto que merece, os resultados podem sofrer seu impacto. Neste cenário, a questão que fica é como otimizar dois objetivos conflitantes e obter o melhor resultado.

A proposta do pensamento *Lean* neste exemplo seria rever o processo. Ao invés de investir em várias mesas pequenas com várias cadeiras desconfortáveis, criar diferentes ambientes onde tanto indivíduos que só desejam comer e sair, quanto famílias e grupos de amigos que gostariam de um lugar confortável para socializar, pudessem ser atendidos na maior escala de conforto possível.

Essa é a aposta *Lean*: volumes altos e ganhos de escala permitem ratear os custos fixos, mas os ganhos de escala só são sustentáveis se houver demanda. E em um mundo crescentemente competitivo, é improvável que a demanda se sustente se o valor ofertado ao cliente for degradado. [2]

Uma vez que o mercado a cada dia que passa possui mais opções de escolha para um mesmo ramo competitivo, todos aqueles que submetem seus clientes a

situações de desconforto ou de descontentamento estão fadados a perder sua parcela de mercado para a concorrência. Clientes insatisfeitos não hesitarão de trocar produtos e serviços ruins, por isso o pensamento *Lean* propõe todo um desenvolvimento de forma a agradar o consumidor final, sem impactar os ganhos dos intermediários do processo, minimizando o conflito de pontos antagônicos, mas importantes para diferentes públicos.

2.1.2 Fluxo de Valor

Quando o valor do produto e/ou serviço oferecido para o cliente é identificado, iniciam-se as atividades para compatibilizar o valor do cliente com o aproveitamento do ativo. Uma vez que se tem parâmetros suficientes para discernir quais atividades de produção agregam ou não valor para o cliente, torna-se possível desenhar um fluxo de valor atual representando as atividades a serem realizadas para se concluir o produto e/ou serviço final. [3]

Após mapear o fluxo de valor atual, é necessário avaliar a informação de como os eventos acontecem neste percurso. Várias variáveis são avaliadas neste momento: tempo, atividades produtivas, desperdícios, dentre outras. Ou seja, nesta etapa são identificadas todas as variáveis que não agregam valor ao cliente, e que devem ser reduzidas, ou preferencialmente eliminadas. Tempos gastos com filas, retrabalhos, inspeções, controles e armazenagens podem ser necessidades do fluxo como ele funciona no momento, mas não interessam em nada para o cliente quando se trata de lhe entregar prontamente o que foi requisitado de acordo com suas especificações.

De posse do mapa de fluxo atual e das variáveis acima analisadas, é possível moldar um mapa de fluxo ideal que otimiza ao máximo todos os problemas existentes, se moldando em uma projeção de como deveria se dar este fluxo em condições perfeitas. A ideia de se obter um mapa de fluxo ideal é compará-lo com o mapa de fluxo atual, e conceber um mapa de fluxo possível que englobe o melhor das duas situações. [3] Dado que nem sempre é possível chegar no mapa de fluxo ideal, o mapa de fluxo possível é construído de forma a considerar as condições existentes, e entregar ganhos a curto prazo, bem como apontar o caminho de desenvolvimento a longo prazo. O ideal é que este seja o mais próximo possível do mapa de fluxo ideal, mas sempre considerando as limitações do negócio.

2.1.3 Fluxo Contínuo

Dado o dinamismo do mercado que se encontra em constante ascensão e declínio, o fluxo de valor possível previamente construído pode se tornar obsoleto e não atender tão bem aos novos parâmetros que regem os desejos dos clientes. Um mercado abastecido ou um mercado escasso podem facilmente alterar o fluxo de valor e, fatalmente, reduzir toda a otimização construída. [2]

Pensando no caso de um mercado abundante, abre-se um leque de oportunidades para se explorar. O nicho aumenta, surge a necessidade de aumentar o volume de produção, mas o processo da forma que se foi construído pode não atender. Talvez sejam necessárias novas contratações, compra de novos equipamentos, implantação de novos sistemas, e em todos estes casos requer investimento. Apesar de esta situação parecer ser um ótimo cenário, visto sob outra perspectiva existe o mercado globalizado, no qual, caso a resposta não seja rápida o suficiente, o cliente pode mudar de fornecedor com um clique e ruir todo o investimento realizado para atendê-lo.

Por outro lado, existe a situação do mercado escasso, que reduz drasticamente o volume de compra e, conseqüentemente, o volume de produção. Continuar produzindo conforme um modelo ideal pode gerar alguns contratempos, que no mundo contemporâneo tendem a ser grandes vilões por três motivos [3]:

- Gerenciamento de custo, no qual constantemente o gestor de produção pode se deparar com a necessidade de demitir pessoas, vender ativos e desconstruir sistemas e equipes eficientes pelo simples fato de a capacidade instalada se tornar excessivamente ociosa;
- Gerenciamento de espaço, no qual uma produção continuamente superior à necessidade do mercado pode gerar estoques, e conseqüentemente os produtos finais acabarem criando volume e ocupando espaço de forma improdutivo;
- Gerenciamento de qualidade, no qual os produtos excedentes, quando estocados, acabam não sendo vendidos, por motivos de obsolescência, prazo de validade ou falta de customização às novas demandas.

Analisando os impactos do mercado comprador e do mercado escasso, nota-se que um processo estático está fadado a ruir se não for elástico e responsivo. Dessa forma, o mapa de fluxo funcional possível precisa ser construído de uma forma celular, ou seja, modularizado, para que a complexidade de um sistema de produção completo se torne mais simples, possibilitando analisar separadamente cada célula responsável por um produto ou serviço diferente.

2.1.4 Produção Puxada: Atender as Demandas

Dado o fluxo de valor criado, com produção em pequenos lotes e com fluxo contínuo de demanda bem definido e adaptável, a linha de produção se torna mais veloz, e a gestão da produção se torna mais simplificada. Se a resposta do atendimento é rápida, ao invés de tentar adivinhar o futuro, o gestor de produção poderá esperar a demanda do cliente para só então iniciar a produção. [2]

Em um mundo que não para de mudar, esta vantagem é expressiva, pois significa leveza para atender ao cliente e demandar a “puxada” do time, com muito mais facilidade e foco na geração de valor para o mesmo. Consequentemente, se a resposta da produção gerar valor para o cliente, com certeza vai gerar mais valor ainda para os acionistas da empresa, para a equipe de empregados, para os parceiros, e todos saem ganhando.

2.1.5 Perfeição: *Kaizen*

A busca da perfeição pode parecer óbvia no contexto, e de fato é realmente necessária. Toda a estratégia de transformação proposta pela filosofia Lean podem retornar valor suficiente para o cliente, mas a aplicação contínua em busca de sempre melhorar pode criar o diferencial que poderá proporcionar toda a vantagem de mercado, bem como ganhos ainda maiores para todas as partes.

Um exemplo claro citado em [2] concretiza a visualização deste conceito: uma troca de pneu em um carro de passeio pode ser uma tarefa que leve para um motorista de 10 a 15 minutos caso necessária. Se o cenário for modificado para competições de fórmula 1, fica claro que este é um tempo inaceitável para a estratégia de equipe caso esta deseje ganhar a corrida. Não se trata apenas de ter o melhor piloto e o carro

mais veloz: o desgaste dos pneus são muito altos, e a baixa aderência criada nestes casos exige que os pilotos parem para trocá-los, pois caso não o fizerem, o carro se tornará incontrolável.

Quando se preocuparam em agilizar as trocas de pneus pela primeira vez, provavelmente conseguiram realiza-las em poucos minutos, ou até em poucos segundos. Entretanto, a melhoria contínua levou essas trocas para frações de segundo, e um décimo de segundo perdido pode significar perda de posições no *grid*.

Grupos responsabilizados e motivados para constantes melhorias, compreensão clara dos mecânicos quanto às suas atividades operacionais, e objetivos estratégicos do negócio alinhados (ganhar a corrida) foram os fatores principais para levar a equipe à sua melhor *performance* possível. Se considerar uma linha de produção ou prestações de serviço, o *mindset* não deve ser diferente: a melhoria contínua pode aumentar o valor agregado para o cliente mesmo quando este não o espera, e quando isso acontece, o retorno para todas as partes é incrementado.

2.2 METODOLOGIA ÁGIL: SCRUM FRAMEWORK

As metodologias ágeis surgiram como uma alternativa à gestão tradicional de projetos. Elas nasceram nos braços do desenvolvimento de software, mas hoje podem ser aplicados a qualquer tipo de projeto (inclusive os que não se remetem ao software). Os métodos ágeis vem ajudando muitas equipes a encarar situações imprevistas dentro de um projeto, por meio de entregas incrementais e ciclos iterativos. As metodologias ágeis passaram a ser uma alternativa aos métodos tradicionais, também conhecidos como métodos pesados ou clássicos. [6]

2.2.1 O que são os frameworks ágeis

O conceito de *framework* está relacionado a criação de uma ferramenta com padrões bem definidos, deixando claro para todos os envolvidos no projeto todas as metas de cada ação. O objetivo dos *frameworks* utilizados nas metodologias ágeis é melhorar a dinâmica dos projetos criando scripts a serem seguidos para agilizar entregas que agregam mais valor ao cliente. A filosofia ágil carrega consigo os valores e princípios do Manifesto Ágil [7] e podem ser resumidos a:

- Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas
- Software em funcionamento mais que documentação abrangente
- Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos
- Responder a mudanças mais que seguir um plano

Em resumo, mesmo havendo valor nos itens à direita, os métodos ágeis valorizam mais os itens à esquerda. Seguindo estes conceitos, existem diversos *frameworks* construídos para gerenciamento de projeto, e o SCRUM é um deles. Uma vez que o objetivo deste trabalho não engloba a discussão aprofundada das metodologias ágeis e sim a utilização do SCRUM como alicerce para a aplicação das metodologias *Lean*, será construído um tópico para discussão deste *framework*.

2.2.2 SCRUM Framework

Como dito no tópico anterior, o SCRUM é apenas um dos diversos *frameworks* construídos para aplicação da filosofia ágil. Ele costuma ser confundido como a filosofia ágil em si, mas na verdade é uma ferramenta, e não um conceito. Todo o conteúdo a ser apresentado neste subtópico pode ser encontrado em [8] e [9].

No SCRUM, a entrega de resultados é orientada à organização de atividades de acordo com o seu valor agregado, visto que as tarefas são claras para todos os envolvidos e cada membro possui um papel bem definido na gestão do projeto. O desenvolvimento é realizado em ciclos chamados de *Sprints*, que são iterações que ocorrem dentro de um período definido (idealmente entre 2 semanas a 1 mês), dentro do qual uma parcela de todas as atividades deve ser executada.

As tarefas planejadas para o *Sprint* são retiradas de uma lista maior chamada de *Product Backlog*, e planejadas no início de cada *Sprint* em uma reunião conhecida como *Sprint Planning*. No início dessas reuniões, o membro conhecido como *Product Owner*, que geralmente é o cliente interessado na conclusão do projeto, prioriza as atividades que deseja mais atenção, e o time seleciona quais serão executadas naquele determinado período. A lista construída para execução no *Sprint* é conhecida como *Sprint Backlog*.

A cada dia executado no *Sprint*, a equipe realiza uma reunião, normalmente no início do dia, chamada de *Daily Scrum*. A proposta dessa reunião é dar a

oportunidade para cada membro resumir o que foi feito no dia anterior, identificar impedimentos, priorizar o trabalho do dia e pedir por ajuda, se necessário.

Ao final do *Sprint*, a equipe realiza uma reunião conhecida como *Sprint Review* para apresentar todas as entregas realizadas no *Sprint*. Por fim, a equipe realiza outra reunião conhecida como *Sprint Retrospective* para levantar pontos relevantes de tudo que ocorreu no *Sprint*, e finalmente iniciar o planejamento para o próximo. Assim, ao final do *Sprint Retrospective*, o ciclo se reinicia.

A figura 1 apresenta a estrutura em que cada *Sprint* é executado:

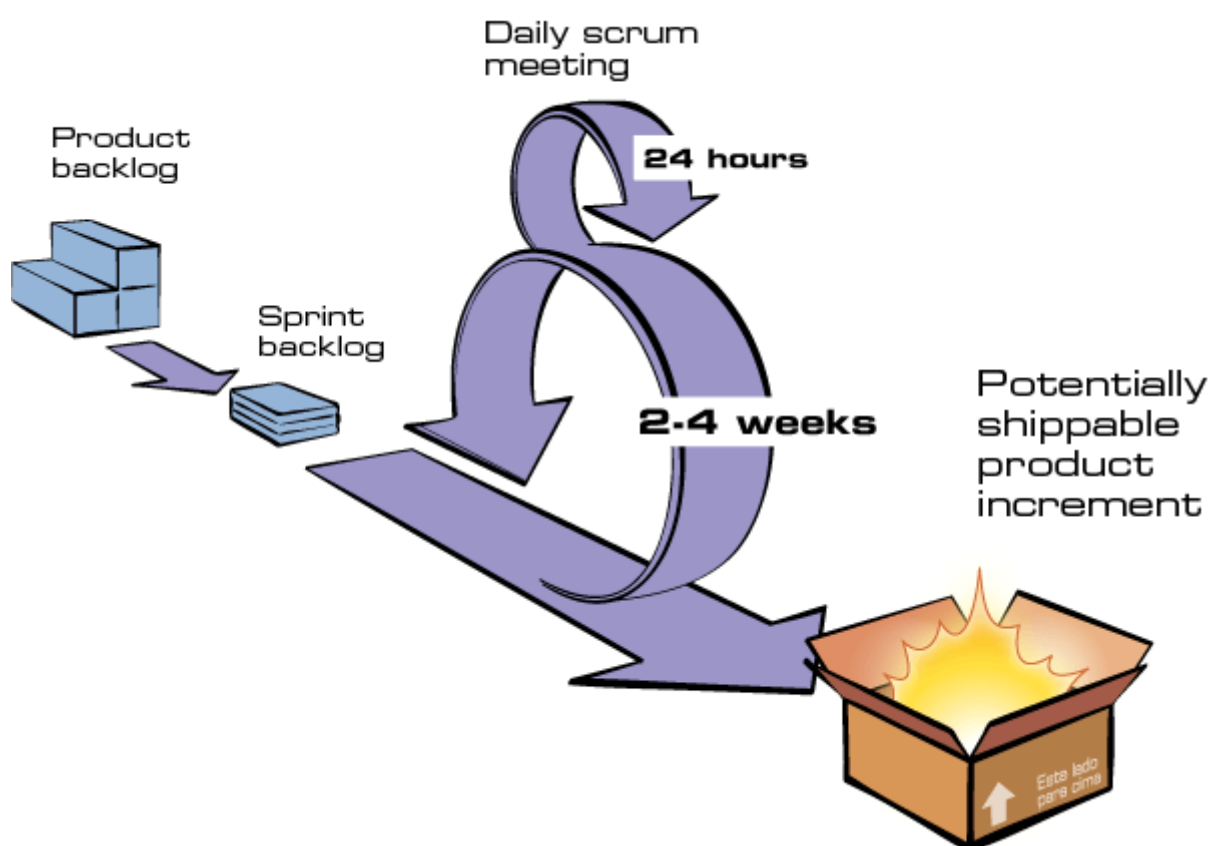


Figura 1 - Estrutura básica de cada *Sprint*

Fonte: <https://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>

Como pode ser visto na figura anterior, o SCRUM é uma ferramenta poderosa para garantir a entrega para o cliente de tudo considerado como mais importante. E além do valor agregado a cada iteração, o potencial risco de o projeto sair dos trilhos e focar em pontos irrelevantes para o produto fica drasticamente reduzido, uma vez que pequenas entregas são mais fáceis de gerenciar que um macro *script*.

2.3 INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0, também conhecida como quarta revolução industrial, nasceu por uma necessidade de evolução em processos de produção, assim como as três revoluções anteriores. Na figura 2 é possível observar a escala temporal que descreve o foco de cada revolução industrial, explicadas em seguida:

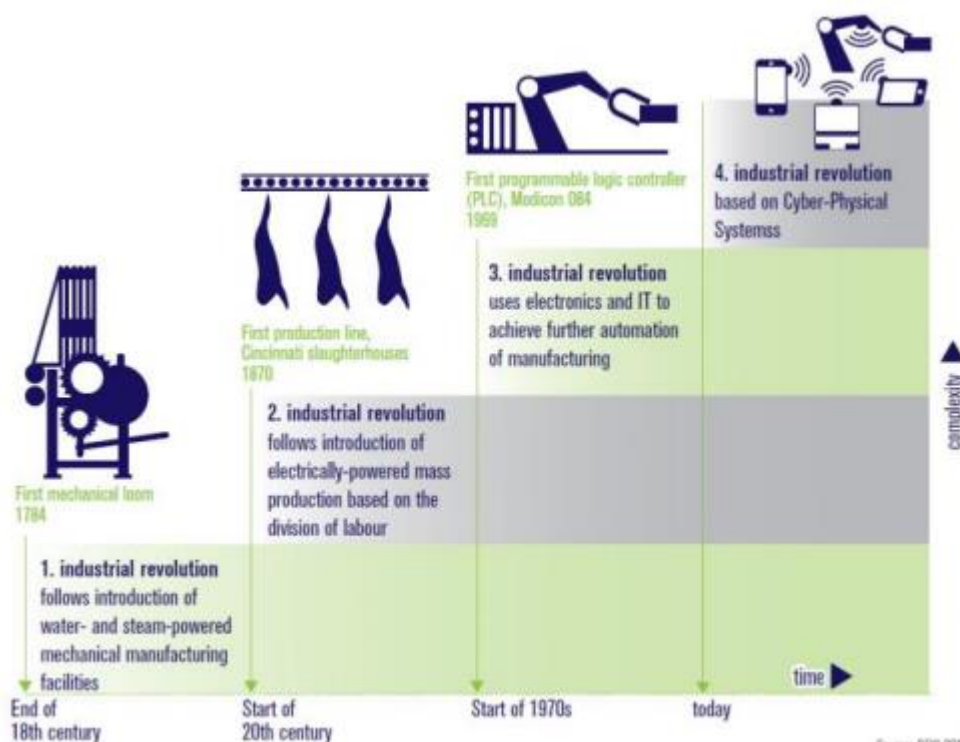


Figura 2 - Foco de cada revolução industrial

Fonte: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>

Na Primeira Revolução Industrial, as máquinas a vapor e o uso da força hidráulica ajudaram na execução de tarefas anteriormente executadas pelo homem manualmente, o que de fato foi um grande avanço na época em termos de execução. Esse avanço possibilitou o surgimento da Segunda Revolução Industrial no século XX, na qual o emprego do aço e da utilização de energia elétrica auxiliou na evolução tecnológica para produção em massa. Com o passar dos anos até os dias atuais, essa mesma tecnologia continuou a ser aprimorada, e na Terceira Revolução Industrial ainda é utilizada. Nesta, novos avanços na eletrônica e tecnologias de investigação (sistemas de informação) auxiliaram na rápida manutenção de equipamentos e automação de processos. [10]

E por último, a Quarta Revolução Industrial simboliza a era dos equipamentos conectados, na qual sistemas complexos geram uma grande massa de dados, e os transforma em informação. A contribuição nesse ponto visa tomadas de decisões rápidas, e redução do tempo de reação ao mercado por meio da predição.

Uma vez que a tendência de mercado é a utilização do pensamento Lean como construção de modelos ótimos de produção, as tecnologias que nascem a partir da Indústria 4.0 estão auxiliando no levantamento de dados para tomadas de decisão que podem envolver criação, remoção ou ajustes de processos, máquinas e cargos interpessoais. Para agilizar este processo tanto na amostragem de informações relevantes quanto no plano de ação para melhoria contínua Lean, os métodos ágeis de projeto ajudam a entregar rapidamente tudo que agrega mais benefício para o processo produtivo. Com isso, o próximo tópico será construído exemplificando aplicações de Lean e SCRUM em melhorias de performance de um processo de manufatura.

3 DESENVOLVIMENTO

Este tópico visa a aplicação de todos os conceitos abordados anteriormente para digitalização de métodos Lean com base em SCRUM, para melhoria contínua em indústrias 4.0. Grande parte da abordagem nesse tópico se baseia em conteúdos da dissertação de David José Araújo Borlido [10], que traz alguns conceitos que ajudarão na conexão dos temas.

Inicialmente, vale ressaltar que o objetivo da aplicação de todos os conceitos está em transformar a fábrica em uma fábrica inteligente. Fábricas inteligentes trabalham na máxima eficiência, estando todos os seus equipamentos interligados em uma rede central, e colaboram entre si e com todos os participantes envolvidos no processo (operadores, gestores, fornecedores e clientes finais), de forma a se autocontrolar. Em termos de eficiência, problemas como defeitos, quebras produtivas, desperdício e espera não existem. É o mais alto nível que uma empresa pode alcançar, e auxilia em sua sobrevivência às constantes mudanças no mercado.

Segundo David Borlido, tendo este modelo como foco as variáveis em questão que impulsionaram a transição de indústrias 3.0 para indústrias 4.0 foram:

- O aumento drástico e rápido do volume de dados, poder de computação e conectividade
- O avanço das capacidades analíticas
- A introdução de novas formas de interações entre homem e máquina
- As inovações facilitando a transferência de dados digitais para algo fisicamente utilizável

E neste contexto nasceu *Industrial Internet of Things* (Internet Industrial das Coisas) como área de pesquisa e desenvolvimento em integração de máquinas, sistemas e dados.

3.1 INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Comumente citado como IIoT em outras literaturas, este conceito representa a conectividade de máquinas, entre si e com aplicações remotas, com o objetivo de monitoramento e ação remota acionadas por operadores humanos, outras aplicações

ou outros equipamentos. Em suma, todas as tecnologias utilizadas para conectividade das máquinas industriais, geração e análise de dados para tomadas de decisão são cobertas por tecnologias deste ramo. Se assemelha muito ao IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas) aplicado em diversos produtos do mercado em outros ramos, mas a grande diferença neste caso é que IoT gera uma revolução em novos produtos do mercado com o objetivo de conectá-los entre si, e IIoT visa a revolução de máquinas já existentes. Enquanto o foco de IoT está na tecnologia do produto final, IIoT prioriza os dados que as máquinas podem gerar.

E para aproveitamento consciente de IIoT na evolução da indústria, diversas ferramentas ganham espaço na produção:

- *Cloud Computing*, na qual a interconexão de todos os produtos, ao longo de uma cadeia de abastecimento, torna-se acessível via estruturas gigantescas e seguras de servidores com capacidades de armazenamento maiores do que a própria empresa poderia gerenciar;
- Análise de *Big Data* como forma dinâmica de reunir informações para tomadas de decisão;
- Robótica e impressões 3D flexibilizando a produção customizável de peças e equipamento por demanda, em um processo também conhecido como manufatura aditiva;
- *Digital Fabrication* com o uso de softwares para modelagem de produtos em simulações virtuais, e criação de modelos digitais para simulação de uso, desgaste, correções e manutenções;
- Gerenciamento e monitoramento remoto de produção, acionando digitalmente comandos para iniciar atividades ou gerar alertas para problemas produtivos. Sistemas dessa família auxiliam as ferramentas *Lean* no direcionamento de melhoria contínua.

Os estudos em IIoT deram oportunidade para o nascimento de diversos outros sistemas, mas os citados nos tópicos anteriores são a macro visualização do potencial criado pela Indústria 4.0. Uma vez que sistemas como esse estão implementados, transformar-se em uma fábrica inteligente se torna apenas uma questão de tempo. Mas para implementar essas ferramentas em uma fábrica que não possui nenhum desses recursos, a base de toda a construção precisa ser robusta.

Para fábricas neste estado de desenvolvimento, o início de toda a revolução 4.0 se inicia em dois grandes projetos que precisam ser conduzidos em paralelo a todo o momento: o desenvolvimento de uma fábrica enxuta através de ferramentas *Lean*, e o desenvolvimento tecnológico por meio de metodologias ágeis.

3.2 DIGITAL LEAN MANAGEMENT

Também conhecido como DLM, *Digital Lean Management* é um conceito de gestão ainda novo no mercado, que possui como objetivo a conciliação do pensamento *Lean* com o setor tecnológico para garantir agilidade na melhoria contínua, em busca de se tornar uma fábrica inteligente. Considerando uma indústria que não possui nenhuma evolução em procedimentos e ferramentas *Lean* e *Digital*, torna-se crucial o desenvolvimento pareado entre os dois temas.

Dado um cenário em que a empresa investe apenas na parte tecnológica sem pensar na redução de desperdícios e criação de um processo ideal de produção, o investimento financeiro é alto e o esforço é mínimo. Uma vez que não se tem noção se a fábrica está produzindo em um modelo eficiente, todo o esforço pode ser gasto em automatização do desperdício. Para exemplificar, de nada adianta saber se um processo produtivo pode se tornar mais rápido ou mais lento reorganizando algumas atividades, se o próprio *layout* das máquinas foi construído de forma não modularizada para alteração fácil do processo. Se a construção da infraestrutura da fábrica não é bem pensada, pode-se gerar um retrabalho e desperdício enorme para corrigir todo o processo.

Por outro lado, é até possível implementar as ferramentas *Lean* sem implementar a tecnologia necessária para DLM. Entretanto, o tempo de resposta ao mercado pode ser muito mais baixo se comparado a fábricas digitais, pois a falta de tecnologia implementada limita a agilidade na coleta de dados, e por consequência, a agilidade para aplicar um plano de ação com correções diminui. Nestas situações, equipamentos inteiros podem estragar a qualquer momento, a coleta de dados se torna complexa, e a predição a mudanças é quase inexistente.

Para implementação das duas partes em conjunto, o *framework* SCRUM se torna útil, e coordena muito bem ambas as partes construindo *Sprints* que coordenem,

de forma paralela, os cinco valores do pensamento *Lean* com seus respectivos desenvolvimentos tecnológicos.

3.3 EXEMPLO DE SCRUM APLICADO A DLM

Para materializar a aplicação de DLM em um processo, considere o seguinte cenário: uma fábrica de produção de motores elétricos recebe um contrato no qual deve entregar 66 motores mensalmente, pelos próximos dois anos. A fábrica é dividida em 5 estações de trabalho, nas quais 3 delas são completamente automatizadas, sensorizadas e com times de *Lean Manufacturing* atuando continuamente, enquanto 2 delas são compostas por atividades humanas e nenhuma implementação de ferramentas *Lean* ou quaisquer sensorizações das ferramentas industriais utilizadas pelos funcionários. A empresa precisa verificar se sua linha de produção consegue cumprir o contrato nos termos estabelecidos e, em caso negativo, investir em projetos de Digital Lean para ajustar os prazos dentro do esperado.

O primeiro passo para iniciar a validação seria fazer as medições para um fluxo contínuo de produção. Ou seja, o ritmo de produção, também conhecido como *Takt Time*, deve ser mensurado de forma a não ser rápido demais e gerar “superprodução”, ou ser lento demais e não cumprir com o prazo combinado. [11]

Como exemplo de cálculo para o *Takt Time*, considere:

- Demanda do cliente: 66 peças por mês
- Turnos: 2 turnos por dia
- Intervalos: 1 hora por dia
- Tempo total disponível: 8 horas por dia

Dado que o *Takt Time* é calculado pelo tempo de trabalho disponível por turno dividido pela demanda do cliente por turno [11], tem-se:

$$\frac{\left[\left(8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \right) - \left(1 \frac{\text{hora}}{\text{dia}} \right) \right]}{66 \frac{\text{peças}}{\text{mês}}}$$

Considerando 22 dias de trabalho mensais, o resultado de horas gastas por peça, por dia, seria:

$$\frac{7 \text{ horas}}{3 \frac{\text{peças}}{\text{dia}}} = 2.33 \text{ horas}$$

A interpretação que se tira desse resultado está relacionada ao tempo ideal investido por unidade produzida. Ou seja: se a fábrica não produzir um motor a cada duas horas e meia, certamente não cumprirá o prazo prometido. Prontamente pode-se observar que existem alguns fatores que poderiam colocar a empresa dentro do prazo, como aumentar o número de funcionários, aumentar turnos, diminuir intervalos ou aumentar a jornada de trabalho. Entretanto, além do fato de que vários desses fatores podem ir contra a legislação do país, tal situação certamente gera desgastes e desperdícios desnecessários para todos os envolvidos.

Seguindo o *framework* proposto pelo SCRUM, uma boa maneira de começar a construção do *Product Backlog* seria iniciar uma análise utilizando os cinco valores do pensamento Lean visando agregar ao valor ao cliente e, ao mesmo tempo, verificando a implementação tecnológica que poderia otimizar a identificação e solução do problema. Um bom exemplo de tópicos a serem abordados é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Exemplos de pontos a serem analisados para construção de um Product Backlog

| Pensamento Lean | Pensamento Tecnológico (<i>Digital</i>) |
|--|--|
| Como o espaço se encontra distribuído? Está bem aproveitado? | Existe um registro preciso de paradas de produção? |
| Os operadores precisam se mover muito para executarem suas atividades? | As medições de tempo da linha de produção são precisas sem um sistema de gestão? |
| Os operadores possuem todo o treinamento necessário para execução? | Existem plataformas online para capacitação e treinamento interno? Os procedimentos estão digitalmente documentados? |
| As ferramentas e equipamentos se encontram em boas condições? | Como são registradas e realizadas as manutenções de equipamentos? |
| Toda infraestrutura possui fácil acesso e manuseio? | A interface entre homem e máquina é simples e efetiva? |
| Ocorre falta de material na linha de produção? Se sim, com que frequência? | Existe um controle digital dos materiais utilizados nas linhas de produção? |
| Existe reincidência por problemas de qualidade? | Existe um meio efetivo para alertar os superiores em caso de problemas? |

É importante notar que os clientes impactados nos exemplos acima são praticamente todos os envolvidos na produção: operadores, gestores, clientes finais e fornecedores. Após todas as necessidades de produção serem analisadas, chega o momento de colocá-las em ordem de prioridade para ação imediata. Considerando que um *Sprint* pode durar entre 2 a 4 semanas e que certamente não será possível

sanar todos os problemas neste prazo, a priorização de atividades ajudará a agregar mais impacto no projeto final logo no início da implementação. De fato, este é o benefício real do SCRUM: considerando que duas das cinco estações de trabalho ainda não possuem metodologias *Lean* implementadas, é possível ver algum benefício do projeto antes mesmo de se ter uma linha de código desenvolvida para atender a demanda tecnológica da empresa.

Como se trata de uma melhoria interna no processo produtivo da empresa, um bom exemplo de *Product Owner* seria o gestor da empresa juntamente com um Gerente de Produção, e o time alocado para escolher quais atividades serão executadas podem ser pessoas dentro ou fora da empresa. Ou seja, o *framework* SCRUM, se bem aplicado, pode ser seguido tanto por um time interno responsável pela implantação de DTM, quanto uma consultoria externa contratada para tal.

Imaginando os próximos passos, o SCRUM para DTM segue o mesmo percurso do framework utilizado para desenvolvimento de software: ambas as *Daily Meetings* para os times *Lean* e *Digital* são seguidas pelo time em ação, e finalmente as reuniões de *Sprint Review* e *Sprint Retrospective* são seguidas pelo time, juntamente com o *Product Owner*. Ao final da implementação, o ciclo se reinicia.

Um ponto importante a ser citado é que, ao final da entrega do macroprojeto, a empresa deve continuar implementando o *Kaizen* visando melhoria contínua. E o interessante é que, neste ponto, tanto o time *Lean* quanto o time *Digital* ainda seguem juntos em seus desenvolvimentos. O ideal é que toda oportunidade de melhoria seja identificada, e que a empresa não perca por não investir em sistemas e tecnologias cada vez mais inovadores. A produção sempre pode melhorar, e os sistemas não podem parar no tempo. Como na grande maioria dos casos já existem produtos terceirizados no mercado, sistemas obsoletos podem perder estrutura de suporte e se tornarem limitantes para a evolução da empresa, perdendo toda a dinâmica para resposta ao mercado.

4 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Considerando o SCRUM como *framework* ágil para aplicação das metodologias *Lean* em indústrias, toda a contribuição para o desenvolvimento tecnológico em prol da construção de uma fábrica inteligente corrobora com a revolução industrial 4.0 não só onde o sistema é implementado, mas por todo o meio socioeconômico que o circunda. Em vários momentos foram citados os benefícios do investimento em um modelo de gerenciamento mesclando SCRUM e metodologias *Lean* para gestores, fornecedores, operadores e clientes finais. Entretanto, os projetos resultantes podem impactar outros aspectos sociais e econômicos de forma positiva ou negativa, dependendo de como é arquitetado.

Uma citação de Reinaldo Reis em seu artigo [12] reflete esse ponto: "Os sistemas tecnológicos não são neutros, expressam e refletem a ética e as intenções de seus projetistas. Num contexto político, que vivemos, de baixa confiança e grande desigualdade é essencial encontrar formas de fazer com que, cada vez mais os cidadãos sejam capazes de construir juntos o futuro, em vez de se arriscarem-se num cenário dominado por tecnologias que os tornem mais vulneráveis, os exclua ou imponha custos inaceitáveis". Apesar do comentário estar mais envolvido em um cenário nacional, os impactos são generalizados para todo o globo. Em escala e amplitude, a quarta revolução industrial irá se desdobrar em mudanças econômicas, sociais e culturais chegando a proporções quase impossíveis de se prever.

Analisando o mercado de trabalho, o impacto pode ser devastador. Segundo Klaus Schwab em seu livro "A Quarta Revolução Industrial" [13], existem duas posições em debate: o lado que acredita em um final feliz, onde os trabalhadores deslocados pela tecnologia encontrarão novos empregos, e o lado que acredita em um processo crescente de destruição de empregos. De uma forma ou de outra, a onda de inovações vai alterar de forma profunda toda a estrutura ocupacional.

Para lidar com este novo cenário, os novos profissionais, independente da hierarquia organizacional, precisarão se adaptar continuamente e aprender novas habilidades. Uma vez que o mercado será cada vez mais segregado em segmentos de baixa competência/baixo salário e alta competência/alto salário, o talento representará um fator crucial maior que o capital.

Em suma, a quarta revolução industrial poderá também aumentar a desigualdade entre as classes. Existe uma tendência em que a riqueza ainda continue

concentrada, uma vez que o domínio das inovações tecnológicas será controlado por um pequeno grupo de empresas.

No mundo dos negócios, existirá um grande impacto em como as empresas deverão ser lideradas e administradas. A capacidade do líder de continuamente aprender, se adaptar e desafiar seus próprios modelos conceituais de sucesso é o que irá distinguir a próxima geração de líderes bem-sucedidos.

Ainda segundo Schwab [13], a questão central colocada para as empresas, indústrias e corporações será a pressão Darwiniana. Isso significa que a evolução contínua será predominante, e quem não seguir estas diretivas estará fadado a extinção.

Finalmente, ao olharmos para a sociedade, vê-se o surgimento de um foco cada vez maior no indivíduo. De acordo com Schwab [13]: “Ao contrário do passado, a noção de pertencer, de fazer parte de uma comunidade, é hoje definida pelos interesses e valores individuais e por projetos pessoais que pelo espaço (comunidade local), trabalho e família”. Esta mudança de valores não significa necessariamente um impacto negativo para a sociedade, e sim um fator causado pelo acesso mais fácil a informação que, inicialmente, pode gerar uma dualidade social entre grupos.

Ao mesmo tempo, a definição de ser humano é reescrita pelo avanço tecnológico em termos éticos. Algumas questões que Schwab cita em seu livro [13] estão relacionadas ao ser humano como um produto de manufatura: “Crianças podem ser feitas sob encomendas? Podemos nos livrar de doenças? Viver mais tempo? Ser mais inteligente? Correr mais rápido? Ter certa aparência?”. As implicações éticas neste ponto geram diversas discussões, e não se sabe ainda até quando isso é desejável.

Em resumo, existem pontos positivos e negativos dentro de toda essa evolução, e uma vez que ela já está acontecendo, cabem aos envolvidos o curso que ela irá tomar. Os caminhos podem ser preocupantes, mas as oportunidades são convincentes. Se todos os aspectos forem cuidados de forma adequada e proativa, assumindo uma responsabilidade coletiva de interesse público, todo este desenvolvimento pode ser conduzido de uma maneira mais sustentável e no futuro dar nascimento a uma civilização cada vez mais globalizada.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os conceitos do pensamento *Lean*, uma introdução das metodologias ágeis com ênfase no *framework* SCRUM, bem como as evoluções da indústria 4.0 nas fábricas e no mercado. Estes conceitos são a base para evolução produtiva e tecnológica das empresas, trazendo otimização de processos e respostas mais rápidas às demandas do cliente.

Foi visto que o pensamento *Lean* traz um conceito de valor focado ao cliente, no qual todos os esforços investidos são em prol de satisfazê-lo. Dessa forma, um cliente final satisfeito traz benefícios para todos os envolvidos no processo produtivo, seja ele o fornecedor, o operário ou gestor da empresa. Os conceitos relacionados ao valor gerado para o cliente estão fortemente ligados a melhoria contínua dentro da empresa, e as ferramentas *Lean* possuem o potencial para gerir os procedimentos necessários.

Uma vez que as metodologias ágeis foram desenvolvidas para simplificar a gestão de desenvolvimento de software, estas se tornaram famosas no mercado e logo passaram a ser utilizadas em outros modelos de projeto. Conciliando o *framework* SCRUM como ferramenta ágil ao pensamento *Lean*, é possível agilizar entregas de projetos que agregam mais valor ao cliente, permitindo uma gestão clara do projeto e facilidade de mudanças no escopo inicial, quando estas são necessárias.

Com todo o avanço de geração de dados, construção de informações e auxílio a tomadas de decisão que a revolução industrial 4.0 traz, a junção das metodologias *Lean* com as metodologias ágeis trazem para as indústrias de manufatura o potencial necessário para criação de processos cada vez mais integrados, com automação e comunicação suficiente para criar uma simples gestão a cada mudança nas demandas existentes. Diversos campos da manufatura se beneficiaram de evoluções da robótica e da computação, tornando possíveis a criação de conceitos como a manufatura aditiva e *Digital Fabrication* com simulações cada vez mais reais de um produto final.

E com essa visão, o segundo trabalho de conclusão de curso será construído utilizando um estudo de caso em uma estação de trabalho de manufatura, onde será desenvolvido um sistema de alocação de pessoas para uma determinada atividade

de acordo com a demanda da estação de trabalho. O sistema realizará coleta de dados, e transformará em informações em tela para que o gestor realize as tomadas de decisão que achar necessário.

Considerando que as evoluções tecnológicas têm o potencial de impactar a população de forma positiva ou negativa, a depender de como são implementadas. Os riscos quanto a otimização dos processos está fortemente ligada com a integração que a indústria 4.0 traz ao mercado, no qual a desigualdade social pode aumentar e os profissionais precisarão de cada vez mais capacitação e habilidade de adaptação para sobreviver ao dinamismo do mercado. Sabendo que o sistema a ser desenvolvido no segundo trabalho de conclusão de curso realizará a gestão de pessoas, serão claras as oportunidades de gerar tomadas de decisão que podem impactar de forma positiva ou negativa cada indivíduo do processo.

Visto que os riscos de se desenvolver processos e tecnologias de forma a impactar negativamente a sociedade são altos, cabem aos gestores e membros envolvidos tomarem as decisões que mais beneficiam a sociedade. É possível executar planos de ação que tornem essas decisões concretas, mas cabe o interesse em planeja-las. Os avanços tecnológicos são neutros e facilmente moldados a vontade humana, e uma vez que tal revolução industrial já está acontecendo, agir com proatividade e interesse em prol do ganho de todos os extratos sociais pode fazer toda a diferença para a evolução da sociedade nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

- [1] DEFINIÇÃO de Lean: Lean Institute Brasil, 1998-2018.
<https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>
- [2] COSTA, R. S; JARDIM, E. G. M: **Os Cinco Passos do Pensamento Enxuto** (Lean Thinking): Internet, Rio de Janeiro, 2010
<http://trilhaprojetos.com.br/home/sites/default/files/plean.pdf>
- [3] SISTEMA Toyota de Produção: Lean TI, 2013-2018.
<http://www.leanti.com.br/conceitos/1/sistema-toyota-de-producao.aspx>
- [4] O que é Lean Thinking: Lean TI, 2013-2018.
<http://www.leanti.com.br/conceitos/4/O-que-e-Lean-Thinking.aspx>
- [5] DEFINIÇÃO Lean: Lean Institute Brasil, 1998-2018.
<https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>
- [6] BERNARDO, K: **O que são Métodos Ágeis** (Cultura Ágil): Internet, 2017
<https://www.culturaagil.com.br/o-que-sao-metodos-ageis>
- [7] BECK, K; GRENNING, J; MARTIN, R. C; BEEDLE, M; HIGHSMITH, J; MELLOR, S; BENNEKUM, A. V; HUNT, A; SCHWABER, K; COCKBURN, A; JEFFRIES, R; SUTHERLAND, J; CUNNINGHAM, W; KERN, J; THOMAS, D; FOWLER, M; MARICK, B: **Manifesto for Agile Software Development** (Ward Cunningham): Internet, 2001
<http://agilemanifesto.org/principles.html>
- [8] SUTHERLAND, J. **Scrum**: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
- [9] SCRUM: Desenvolvimento Ágil, 2013-2014.
<https://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>
- [10] BORLIDO, D. J. A. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**

(Repositório Aberto): Internet, Porto, 2017
<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>

[11] FREITAS, E. B. D. **Cálculo do Takt Time e Avaliações**
(Administradores): Internet, 2016
<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/calculo-do-takt-time-e-avaliacoes/97040/>

[12] DIAS, R. O impacto da quarta revolução industrial na sociedade In: ECODEBATE. **ISSN 2446-9394**, Muriqui, 25/10/2017.
<https://www.ecodebate.com.br/2017/10/25/o-impacto-da-quarta-revolucao-industrial-na-sociedade-artigo-de-reinaldo-dias/>

[13] SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Crown Business. 2017