



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
MESTRADO PROFNIT

JULIANA QUINDERÉ CARNEIRO CASTELO BRANCO

**ANÁLISE DO IMPACTO DA INOVAÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO AGILEAN**

FORTALEZA
2022

JULIANA QUINDERÉ CARNEIRO CASTELO BRANCO

ANÁLISE DO IMPACTO DA INOVAÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO AGILEAN

Texto apresentado à banca examinadora específica, como requisito para defesa no Programa de Mestrado Profissional do Programa de pós graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Orientadora: Prof. Dra. Cristiane Borges Braga

FORTALEZA

2022

JULIANA QUINDERÉ CARNEIRO CASTELO BRANCO

ANÁLISE DO IMPACTO DA INOVAÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO AGILEAN

Texto apresentado à banca examinadora específica, como requisito para defesa no Programa de Mestrado Profissional do Programa de pós graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Aprovado (a) em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cristiane Borges Braga (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Fortaleza*

Profa. Dra. Joelia Marques de Carvalho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus Caucaia*

Prof. Dr. Eliseu Adilson Sandri

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

“Trabalha como se tudo dependesse de ti e
confia como se tudo dependesse de Deus.”
(Santo Inácio de Loyola).

RESUMO

Este trabalho analisa o impacto da inovação tecnológica do Sistema AGILEAN, plataforma que integra os princípios da construção enxuta e da Indústria 4.0 para melhorar a gestão da construção. As mais novas tecnologias disponíveis como RFID, internet das coisas, computação nas nuvens, *big data* e computação móvel foram utilizadas para compor o sistema. O artefato foi desenvolvido por uma empresa de consultoria especializada em planejamento e controle com sede em Fortaleza, CE. A plataforma AGILEAN é composta por *software*, aplicativo e *hardware* e possui 7 funcionalidades. As funcionalidades do sistema são definidas por: Gestão de paralizações e alertas automáticos para os gestores da obra; Gestão de folha de pagamento e impressão de ordens de serviço no campo; Sistema de planejamento utilizando a técnica de linha de balanço, com atualização automática do status atual da obra; Aferição da produtividade dos funcionários baseado nos tempos de parada; Medição dos serviços em campo automatizado; Conexão entre folha de pagamento e verificação de qualidade dos serviços; Apresentação dos resultados em forma de dashboards interativos, atualizados em tempo real. Por meio do AGILEAN foi possível: (1) melhorar o uso do Andon; (2) integrar qualidade, medição e folha de pagamento; (3) monitorar em tempo real a mão de obra própria e de terceirizados; (4) gerar indicadores de desempenho da produtividade (divulgados por meio de um dashboard para a equipe de obra e administração central); (5) monitoramento e atualização do planejamento em tempo real. Estas melhorias podem levar a uma maior transparência e confiabilidade do sistema de produção, reduzir desperdícios, variabilidade do processo e do cumprimento dos requisitos de qualidade do produto. Pode-se concluir que existe a viabilidade do emprego e integração do *Lean* com os conceitos da Indústria 4.0 e princípios de inovação tecnológica, ao passo que se evidencia a sua ainda incipiente aplicação. Desta forma, o presente trabalho contribui com a disseminação dos conceitos da Indústria 4.0, bem como de seus benefícios, na indústria da construção a partir do prisma da construção enxuta aumentando a literatura do campo do conhecimento que ainda é incipiente em nível sendo, portanto, uma contribuição para a comunidade acadêmica.

Palavras-chave: TIC; Indústria 4.0; Construção Enxuta; Planejamento e Controle da Produção; Inovação.

ABSTRACT

This paper analyzes the impact of technological innovation in the AGILEAN System, a platform that integrates the principles of Lean construction and Industry 4.0 to improve construction management. The newest available technologies such as RFID, internet of things, cloud computing, big data and mobile computing were used to compose the system. The artifact was developed by a consulting firm specialized in planning and control based in Fortaleza, CE. The AGILEAN platform consists of software, application and hardware and has 7 features. The system's functionalities are defined by: Management of stoppages and automatic alerts for construction managers; Payroll management and printing of work orders in the field; Planning system using the balance line technique, with automatic update of the current status of the work; Employee productivity measurement based on downtime; Measurement of automated field services; Connection between payroll and service quality verification; Presentation of results in the form of interactive dashboards, updated in real time. Through AGILEAN it was possible to: (1) improve the use of Andon; (2) integrate quality, measurement and payroll; (3) real-time monitoring of own and outsourced labor; (4) generate productivity performance indicators (disclosed through a dashboard to the construction team and central administration); (5) real-time planning monitoring and updating. These improvements can lead to greater transparency and reliability of the production system, reduced waste, process variability and compliance with product quality requirements. It can be concluded that there is the feasibility of using and integrating Lean with the concepts of Industry 4.0 and principles of technological innovation, while its application is still incipient. In this way, this work contributes to the dissemination of the concepts of Industry 4.0, as well as its benefits, in the construction industry from the prism of lean construction, increasing the literature in the field of knowledge that is still incipient in level and, therefore, a contribution to the academic community.

Keywords: Industry 4.0; Lean Construction; Planning and production control; Innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Digitalização dos Setores.....	14
Figura 2 - Linha do tempo	27
Figura 3 - Rede de Predecessor AGILEAN.....	29
Figura 4 - Linha de Balanço AGILEAN	29
Figura 5 - Histograma de Mão de Obra AGILEAN	30
Figura 6 - Fluxo do Sistema AGILEAN.....	31
Figura 7 – Detalhamento do Andon	31
Figura 8 - Dashboard de Resultados AGILEAN	33
Figura 9 - Comparativo Concorrentes AGILEAN	34
Figura 10 - Protótipo inicial estação AGILEAN Andon – Laboratório da Instituição Parceira	35
Figura 11 - Fluxo da obra sem AGILEAN	38
Figura 12 - Fluxo da obra com AGILEAN	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos do Lean Construction x Funcionalidades do AGILEAN	39
--	----

LISTA DE SIGLAS

3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
AGILEAN	Aplicativo de Gestão Integrada <i>Lean</i>
APIs	Application Programming Interface
APP	Application
BI	Business Intelligence
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
C#	C Sharp
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
CSS	Cascading Style Sheets
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
HTML	HyperText Markup Language
ICC	Indústria da Construção Civil
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
IFCE	Instituto Federal do Ceará
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	International Organization for Standardization
LB	Linha de Balanço
NIT	Núcleo de Inovação Tecnológica
NUTEC	Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará
PBQPH	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RFID	Radio Frequency Identification
SNI	Sistema Nacional de Inovação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Considerações Iniciais.....	13
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Problema	17
1.4	Objetivos	17
1.4.1.	<i>Objetivo Geral</i>	17
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	18
1.5	Desenvolvimento.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	Considerações Iniciais.....	19
2.2	Inovação Tecnológica.....	19
2.3	Parcerias entre universidades e empresas.....	20
2.4	Indústria 4.0.....	21
2.5	Inovação na Construção Civil	22
2.6	Planejamento na Construção Civil	22
2.7	Sustentabilidade na Gestão da Construção Civil	23
3	METODOLOGIA	24
3.1.	Considerações Iniciais.....	24
3.2.	Enquadramento metodológico	24
3.3.	Revisão Bibliográfica	24
3.4.	Coleta de Informações	24
3.5.	Estudo de Caso	25
4	ESTUDO DE CASO.....	26
4.1.	Considerações Iniciais.....	26
4.1	A Empresa.....	26
4.2	O Produto AGILEAN	27
4.2.1.	<i>Planner</i>	28
4.2.2	<i>Andon</i>	31
4.2.3	<i>Tablet</i>	33
4.2.4	<i>Dashboard</i>	33

4.2.5 Chatbot.....	34
4.3 Concorrência	34
4.4 Parceria EMBRAPPI.....	35
4.5 Parceria FUNCAP - INOVAFIT	36
4.6 Prêmio Regional de Inovação (NUTEC Inova)	36
4.7 Prêmio CBIC de Inovação e Sustentabilidade.....	36
5 RESULTADOS.....	38
5.1. Considerações Iniciais.....	38
5.2. Entrevistas com os idealizadores do sistema.....	38
5.3. Entrevistas com desenvolvedores da ferramenta	39
5.4. Pesquisa de Satisfação dos usuários	40
5.5. Entrevistas não estruturadas.....	40
5.5.1. Depoimento empresa A	40
5.5.2. Depoimento empresa B	41
5.5.3. Depoimento empresa C	41
5.5.4. Depoimento empresa D	42
5.5.5. Depoimento empresa E	43
5.5.6. Depoimento empresa F	43
5.5.7. Depoimento empresa G	44
5.5.8. Resumo dos Resultados dos Cases	44
6 CONCLUSÕES	47
6.1. Considerações Iniciais.....	47
6.2 Conclusões.....	47
6.3 Sugestões para próximos trabalhos	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A – FORMULÁRIO PERGUNTAS ENTREVISTAS USUÁRIOS DO SISTEMA AGILEAN	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A indústria mundial sofreu uma série de evoluções durante o tempo. Cada uma delas foi considerada uma revolução industrial. Desde a primeira revolução industrial, com o surgimento de máquinas a vapor, a sociedade vem experimentando inovações tecnológicas que têm mudado as formas de produção e de vida. Como atual expressão dessa evolução, tem-se a quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0, baseada em sistemas *ciber*-físicos e que tem implicado na criação de valor, modelos de negócios, serviços e organização do trabalho (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Este novo paradigma oferece oportunidade para diferentes setores industriais a melhorarem sua produtividade, dentre a Indústria da Construção Civil (ICC), cujo termo construção 4.0 tem sido aplicado para designar uma nova maneira de projetar e construir, baseada em uma confluência de tendências e tecnologias, tanto digitais quanto físicas (SAWHNEY; RILEY; IRIZARRY, 2020). Isto é particularmente interessante, pois, apesar de representar cerca de 13% do PIB global, a taxa de crescimento de produtividade da ICC foi de apenas 1% em todo o mundo nos últimos 20 anos (BARBOSA *et al.*, 2017).

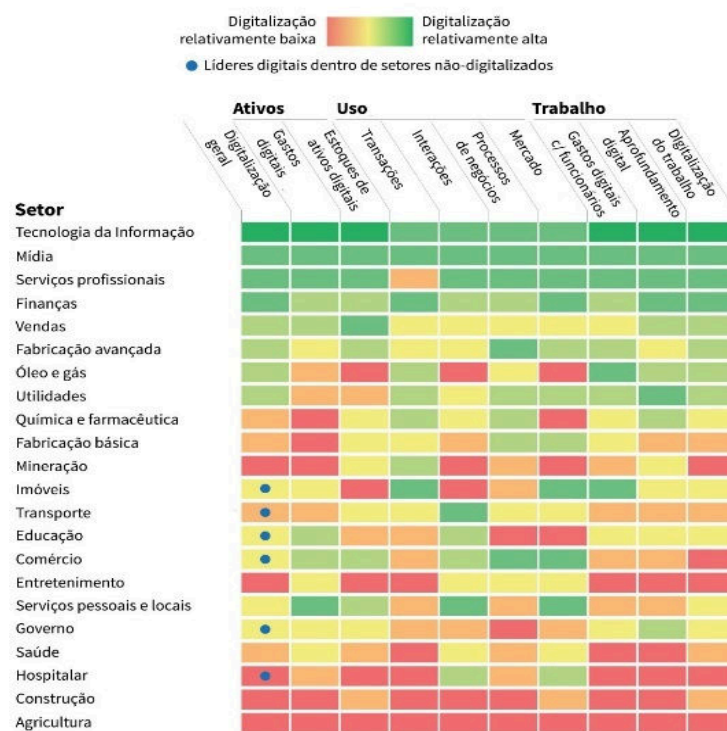
Considerando o Brasil, relatório da *McKinsey & Company* aponta o setor da ICC nacional como um retardatário, quanto à produtividade (BARBOSA *et al.*, 2017). Este setor, segundo Vasconcelos (2018), é responsável por 5,2% do PIB, 24,4% do PIB da indústria (2017) e possui mais de 2 milhões de trabalhadores diretos. Por sua extensa cadeia produtiva, que abrange setores industriais diversos, tais como “mineração, siderurgia do aço [...] diversos prestadores de serviços, como escritórios de projetos arquitetônicos, serviços de engenharia, empreiteiros etc.” (MELLO; AMORIM, 2009, p. 390), o setor é considerado uma Indústria de alavancagem, fundamental para o crescimento econômico do Brasil (KURESKI *et al.*, 2008).

Porém, a ICC é considerada muito tradicional com grande resistência às alterações tecnológicas (AMBROZEWICZ, 2003; YIN, 2008), conferindo-lhe a pecha de atrasada em relação a outros setores industriais, tanto do ponto de vista de gestão, quanto de tecnologia. Dessa forma, sofre muito com a dificuldade de inovar e melhorar processos de forma a entregar soluções práticas para o seu cliente final. A produtividade na construção civil ainda é baixa, aumentando custos, e atrasando os seus projetos.

De acordo com *McKinsey & Company* (BARBOSA *et al.*, 2017), o setor da construção é o menos digitalizado, ficando apenas a frente do setor de agricultura, conforme a Figura 1. Ainda, do relatório percebe-se que enquanto outros setores avançam com a utilização da tecnologia, a

construção ainda não acompanha as tendências mundiais. Parte dessa lenta a penetração da tecnologia da informação na indústria da construção se dá, principalmente, devido ao perfil dos profissionais que tradicionalmente atuam na área. Além disso, existem processos já estabelecidos no setor, características do próprio setor que ajudam a impedir essa penetração (NASCIMENTO, 2002).

Figura 1 - Digitalização dos Setores



Fonte: McKinsey & Company (2017)

Nesse cenário, alinhado ao conceito da construção 4.0, surgiram as chamadas *Construtechs*. As *Construtechs*, além da transformação digital, têm como objetivo aumentar a produtividade no setor, a segurança do trabalhador, entre outros objetivos (CBIC, 2020). Essas empresas vêm infundido tecnologia no setor, bem como reestruturando modelos de produção tradicionais almejando a melhoria de sua eficiência.

Algumas soluções emergentes dessa transformação já estão sendo aplicadas, como é o caso do BIM (*Building Information Modeling*). O BIM é um dos destaques da transformação digital da construção civil (PEREIRA, 2014). É um método utilizado para visualizar todos os passos da construção em 3D. Dessa forma, consegue-se ter clareza e agilidade ao projeto, auxiliando também na sua visualização (KYMMELE, 2008, apud SOUZA, AMORIM E LYRIO, 2009). Existem várias aplicações do uso do BIM, como virtualização 3D, compatibilização de projetos, geração automática de quantitativos, realidade aumentada, entre outros. Além disso, é

possível fazer o modelo virtual de construção compatibilizado com o cronograma da obra, auxiliando no gerenciamento da obra.

Outra tecnologia utilizada é a Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*). Com a IoT é possível ter a integração entre máquina e aplicativos tecnológicos. Através da internet, os objetos recebem, processam e armazenam informações entre si (SILVA *et al.*, 2018). Na construção civil, pode ser utilizado para a segurança do trabalho ou na gestão de otimização do tempo e recurso, como localização de maquinários e monitoramento de desgaste de peças.

A construção civil precisa se atentar na qualidade dos seus serviços prestados para que as empresas possam se consolidar no mercado. Nesse sentido, as *Construtechs*, junto com as novas tecnologias que surgem, tem um papel muito importante nessa mudança de cenário.

1.2 Justificativa

O setor da construção civil representa uma fatia considerável do PIB, e se caracteriza por uma baixa produtividade (Schwegler *et al.*, 2001). Além disso, é um setor intensivo na utilização no quesito informações, pois para um projeto típico de engenharia é produzido milhares de documentos (Newton, 2002), como por exemplo, cronogramas de planejamento, projetos em BIM, organograma de equipes envolvidas, histograma de mão de obra, além da estruturação de processos.

Por conta desses fatores, o uso de tecnologias para gerenciar estas informações tem um enorme impacto no gerenciamento dos processos, aumentando a eficiência da indústria e impactando positivamente no crescimento nacional.

Importante ressaltar que o setor sofreu uma retração nos últimos cinco anos, gerando uma baixa nos preços dos imóveis. Para que a recuperação do setor seja alcançada, é relevante que ela seja baseada em uma grande mudança nos paradigmas de gestão da produção, com foco principalmente na melhoria da eficiência e produtividade do canteiro de obra, de forma a reduzir desperdícios, desvios no prazo e custos, e aumentando a qualidade da obra.

Uma das maiores dificuldades em um canteiro de obras, senão a mais crítica, é o monitoramento da eficiência da logística do sistema produtivo e o controle da produtividade das equipes de trabalho. Ou seja, garantir que todas as equipes de trabalho estejam abastecidas de informações e materiais e produzindo dentro dos parâmetros de produtividade e ritmo de produção conforme o estabelecido no planejamento da obra. Portanto, a melhoria na produtividade dos canteiros obrigatoriamente está relacionada à gestão de mão de obra, que, dependendo da tipologia da obra, poderá representar até 50% do seu custo de produção.

No fluxo de uma obra, tradicionalmente, as ferramentas de gestão e prazo, custo e de qualidade dos serviços são dominados pelas equipes gerenciais, existindo métodos específicos de controle que, no entanto, são alimentados posteriormente à finalização do trabalho e exigem uma considerável carga administrativa para obtenção de informações à respeito daquilo que já foi produzido. Ainda não é viabilizado, no entanto, a coleta sistêmica de indicadores referentes à produtividade da mão de obra e eficiência da equipe administrativa em gerenciar as atividades de logística e abastecimento das equipes de produção, o que representa um grande desafio, pois o dia-a-dia nos canteiros é bastante dinâmico, com equipes se movimentando pelos pavimentos e diversas variáveis que impactam no dia-a-dia da produção dentro do canteiro.

Além disso, existe uma dificuldade na área de planejamento da obra em si. Por conta da limitação de tempo da equipe administrativa, devido a dinâmica do dia a dia da obra, e das ferramentas disponíveis no mercado, a carga de realimentação do cronograma inicial de acordo com a situação atual da obra é muito grande. Por conta disso, o cronograma da obra tende a ficar sempre desatualizado.

Outra dificuldade encontrada no mercado é a falta de integração de diferentes ferramentas que poderiam se complementar. Como, por exemplo, ferramentas que checam a qualidade dos serviços juntamente com ferramentas que fazem a medição dos serviços para, assim, fazer o pagamento deles. Essa dificuldade acaba trazendo para a obra o pagamento indevido de alguns trabalhos, pois não foram concluídos com a qualidade exigida, portanto, causando retrabalhos. Essa dificuldade no gerenciamento de recebimento do serviço conectado com a qualidade do mesmo é muito comum, principalmente a falta de conexão entre essas duas verificações.

O projeto que será analisado é totalmente inovador para a indústria da construção civil, onde os conceitos e aplicações de tecnologias como Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) no seu “chão de fábrica” ainda não foram explorados. O sistema, batizado de AGILEAN (Aplicativo de Gestão Integrada *Lean*), além da inovação tecnológica, tem o seu fluxo de trabalho embasado nos conceitos de Construção Enxuta (*Lean Thinking* aplicados à construção civil) de forma a estar alinhado com as necessidades dos gestores de obras e com uma filosofia de gestão que, mesmo ainda pouco explorada, tem trazido grandes resultados e avanços para a construção civil.

Dessa forma, o AGILEAN é um sistema e método de gestão para a construção civil que apresenta um conjunto de *hardware* dispostos em áreas específicas do canteiro de obra. Ele possibilita a impressão dos pacotes de trabalho conforme definido no planejamento da obra. Além de ter a função de *Andon* no campo, permitindo a emissão de alertas, através do

acionamento de seus botões pelas equipes de trabalho, no caso de problemas na logística de produção, informações, segurança do trabalho dentre outros que impeçam a continuidade no avanço das tarefas.

Apesar de já ser um dispositivo utilizado em alguns canteiros de obra, o *Andon* (outra ferramenta do *Lean Thinking*) ainda não havia sido integrado à uma ferramenta de planejamento da produção, monitoramento da produtividade e rastreio da mão de obra. O cruzamento das informações possibilita a obtenção de indicadores relacionados à “Eficiência do Sistema Produtivo”, como produtividade das atividades, tempo de paralização categorizados por tipo de problemas (exemplo: falta de fornecimento de materiais), tempo de resolução de problemas e produtividade potencial (produtividade caso não houvesse paralizações).

1.3 Problema

O problema da pesquisa está relacionado a uma dificuldade no setor da construção civil em ter assertividade nas informações geradas no canteiro de obra, além da lentidão na coleta e interpretação de dados. Essa ineficiência é preocupante, pois os atrasos, os altos custos nas edificações e a falta de qualidade nas entregas, além da incapacidade de reação durante a obra por conta de falta de informação tem sido bastante comum. Portanto, existe um desperdício de recursos que poderiam ser evitados, caso ferramentas de inovação, com as tecnologias presentes no mercado, fossem utilizadas. Dessa forma, o que é questionado na pesquisa é como a aplicação da construção 4.0 pode contribuir para melhorar o desempenho em canteiros de obras.

Diante do problema apresentado, podem ser formuladas algumas questões de pesquisa que facilitarão no decorrer do trabalho, a entender melhor sobre o assunto, e auxiliar no objetivo a ser alcançado.

- a) Existem dificuldades na construção civil na área de gestão de obras? Como o setor é impactado com essas dificuldades?
- b) Quais são as vantagens da utilização do produto em questão?
- c) Quais são os depoimentos dos usuários do sistema?
- d) Qual o nível de inovação do produto?
- e) Qual impacto do produto no mercado da construção civil?

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é avaliar, por meio de um estudo de caso, o nível de impacto da inovação tecnológica de um produto para gestão da construção civil em canteiros de obras, sendo o produto o sistema AGILEAN. Esse sistema é uma plataforma que integra os princípios da construção enxuta e da construção 4.0 para melhorar a gestão da construção.

1.4.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são delimitados com a lógica para se alcançar o objetivo geral e respondem as questões de pesquisa, fornecendo também as atividades a serem realizadas. Dessa forma, os objetivos específicos são:

- a) Encontrar as dificuldades do mercado da construção civil em relação ao problema exposto;
- b) Analisar o produto, descrevendo a sua metodologia, as suas funcionalidades, as vantagens e desvantagens da utilização do produto;
- c) Realizar um levantamento de dados, com entrevistas e questionário estruturado, com usuários do sistema em questão;
- d) Aferir a contribuição, expor o nível de inovação e as tecnologias utilizadas pelo produto para o mercado;

1.5 Desenvolvimento

O trabalho está dividido da seguinte forma:

O primeiro capítulo (Introdução) trata da contextualização e da justificativa do tema, do problema e dos objetivos geral e específicos da pesquisa, além da divisão da monografia.

O segundo capítulo (Revisão Bibliográfica) apresenta a fundamentação teórica sobre o tema, fornecendo o embasamento técnico necessário para o entendimento do problema de pesquisa.

No terceiro capítulo (Metodologia) é explicado toda a ação desenvolvida no caminho do trabalho de pesquisa. Serão explicados os instrumentos utilizados, a divisão do trabalho, o tratamento dos dados, ou seja, tudo que se utilizou nesse trabalho.

O capítulo 4 (Estudo de Caso) é dedicado a descrição do produto que será analisado. É apresentado a empresa que desenvolveu o produto, feito um levantamento de quais são as suas funcionalidades e as entrevistas realizadas com usuários e desenvolvedores do sistema.

No capítulo 5 (Resultados) será exposto a pesquisa realizada com usuários de clientes, compilando todos os dados coletados.

No sexto capítulo (Conclusões e Recomendações) serão apresentadas as conclusões da pesquisa e recomendações obtidas como esse estudo. Além de recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações Iniciais

Para essa pesquisa, buscou-se estudar conceitos qualitativos e quantitativos. Esse capítulo tem como objetivo proporcionar o embasamento teórico necessário para a elaboração da pesquisa, auxiliando no entendimento do estudo de caso e na interpretação dos resultados e conclusões. Os conhecimentos buscados foram desde a parte de conceitos básicos de inovação tecnológica, ambientes de inovação, ferramentas e metodologias de gestão da produção até a importância da inovação na área da construção civil.

2.2 Inovação Tecnológica

De acordo com Vicenti e Machado (2010), para uma invenção se tornar uma inovação, ela deve ser comercializada e desempenhar o seu papel econômico. De acordo com o Manual de Oslo (1997), inovação é quando é introduzido ao mercado um novo produto, processo ou serviço, seja ele modificado ou melhorado.

Sentiu-se a necessidade fortalecer a área de inovação, dando estímulo para centro de pesquisas e empresas, para que a inovação ocorresse de forma integral. A partir daí, foi sancionada em 2004 a lei da inovação.

O objetivo da lei da inovação foi incentivar o vínculo entre empresas, universidades e centro de pesquisas, estimulando a transferência de tecnologia (PALUMA, 2019). Foi inspirada na lei da inovação francesa, e foi um marco para a inovação no Brasil.

Foram estabelecidos conceitos de ICTs (Instituto de Ciência e Tecnologia) como “órgão ou entidade da administração pública cuja missão institucional seja preponderantemente voltada à execução de atividades de pesquisa básica ou aplicada de caráter científico, tecnológico ou de inovação” e NITs (Núcleo de Inovação Tecnológica) como “núcleo ou órgão constituído por uma ou mais ICT com finalidade de gerir sua política de inovação”. Esses 2 conceitos foram importantes e marcaram o novo momento de inovação no Brasil com a figura do NIT sendo o responsável por gerir a interação de universidade com empresa (PALUMA, 2019).

As três bases da lei da inovação são:

- a) Desenvolver um ambiente de parceria entre empresas e ICTs;
- b) Estimular a inovação por parte das ICTs;
- c) Estimular a inovação por parte das empresas privadas.

De acordo com Rauen (2016), em 2016, surgiu o marco regulatório da inovação, dando mais autonomia para esse ambiente, pois existiam muitas incertezas na lei da inovação. O chamado Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação foi resultado de 5 anos de processo no sistema nacional de inovação (SNI), com o objetivo de desburocratizar o sistema, conferindo

uma melhor mobilidade. A intenção foi ter uma flexibilidade na alocação de recursos públicos e na facilidade de implementação de pesquisadores acadêmicos com projetos em empresas. Com isso, seria possível aumentar a inovação no Brasil além de mudar o cenário de pesquisa e inovação, provocando o início de uma nova fase (MIRANDA *et al.*, 2019).

O novo marco legal deixou, de forma mais transparente, como funcionaria a remuneração do pesquisado acadêmico de dedicação exclusiva em universidades. Dessa forma, o pesquisador não é prejudicado, mesmo com o afastamento temporário, e deixa legalizado o ganho extra por conta da sua participação em projetos.

2.3 Parcerias entre universidades e empresas

De acordo com Casado *et al.* (2012), quando se fala em produzir ações e ideias com o intuito de resolver situações em diversas áreas, as universidades são os mais indicados, pois além da responsabilidade existe a sua capacidade técnica.

Com o intuito de estimular essa cooperação entre universidade e empresas, a hélice tríplice foi desenvolvida. A ideia principal dessa dinâmica é criar uma conexão, voltada para a inovação, entre três esferas institucionais (hélices), que seriam universidade, governo e empresa. Analisando a hélice, o governo é visto como fonte de relações contratuais para garantir a interação saudável entre empresa e universidade. Já a universidade é vista como fonte de tecnologias e conhecimentos (CASADO *et al.*, 2012).

As universidades são vistas pelas empresas como fonte de conhecimento e de informação para que possam desenvolver os seus produtos. Já as universidades visualizam as empresas como uma fonte alternativa de recursos tanto financeiro como tecnológico.

Lima (2011) cita que é cada vez mais necessário que se entenda a relação universidade-empresa para que se possa reconhecer que essa relação pode impactar na evolução como um todo. Além de entender quais são as motivações e as dificuldades.

De acordo com Lee (2000), os motivos para universidades colaborarem com as empresas são:

- a) Testar aplicação prática da pesquisa;
- b) Ver as oportunidades de negócio;
- c) Criar oportunidades de bolsas, empregos e estágio para os alunos;
- d) Conseguir fundos para a pesquisa acadêmica e para os laboratórios da universidade.

Já as razões para que as empresas buscam as universidades para colaborarem em seus projetos são:

- a) Busca de solução técnica para problemas;
- b) Ter uma relação próxima para futuramente recrutar graduados;

- c) Melhorar a qualidade dos seus produtos;
- d) Desenvolver novos produtos e novos processos.

Com a Hélice Tríplice, o papel da universidade deixa de ser voltado para promover ensino e pesquisa, secundário mesmo que importante, e passa a assumir um papel de produtora de novas indústrias e empresas, análogo ao da indústria e do governo (ETZKOWITZ, 2017).

2.4 Indústria 4.0

De acordo com Vilhena e Peixe (2021), o consumidor se torna mais exigente durante as mudanças no cenário econômico, quando se fala em hábitos em relação a despesas e gastos. Essa tendência ocorre por conta das incertezas que a instabilidade econômica trás em um novo panorama (TEXEIRA, 2015).

Com as inovações tecnológicas, é possível conseguir um melhor custo benefício e melhorar a qualidade de um determinado produto. Além disso, as condições de trabalho são melhoradas e é possível fazer um melhor aproveitamento da mão de obra (VARGAS, 1992 *apud* SILVA *et al.*, 2018).

A indústria 4.0 trouxe de novo, para a indústria e empresas, a conectividade. A ideia da indústria 4.0 é a digitalização, ou seja, ter o ambiente fabril conectado, desde a produção até os setores de *marketing*, comercial e logística. O princípio é que as máquinas se comunicarão com outras máquinas, com peças, ferramentas e seres humanos, havendo a troca de informações de um dispositivo para o outro (COLLABO, 2016).

Sakurai e Zuchi (2018) afirmam que, por conta de sentir uma necessidade de desenvolver uma metodologia para melhorar a competitividade da indústria manufatureira alemã, surgiu, publicamente em 2011, a indústria 4.0, na feira de *Hannover*.

Parte dos princípios da indústria 4.0., segundo Silveira (2017), são descritos conforme a seguir:

- a) Tempo real: recebimento e tratamento das informações em tempo real, facilitando a tomada de decisão;
- b) Virtualização: permissão de ter uma cópia virtual do chão de fábrica, facilitando o rastreamento e monitorar remotamente;
- c) Modularidade: produção em forma de módulos, de acordo com a demanda solicitada. Dessa forma é possível alterar tarefas de máquinas com facilidade;
- d) Interoperabilidade: comunicação entre sistemas, por intermédio da utilização da internet das coisas.

Além disso, segundo Sakurai e Zuchi (2018), os pilares dessa indústria são as tecnologias mais relevantes para implementação e para o funcionamento correto. Essas tecnologias são:

- a) Internet das coisas (IOT): usa a infraestrutura de redes para conectar objetos com softwares;
- b) *Big data analytics*: É responsável por coletar, transmitir, analisar e processar dados;
- c) Computação em Nuvem: é o processamento, armazenamento e *softwares*, ao invés de locais, estão armazenados na nuvem;
- d) Inteligência artificial: é a capacidade de máquinas realizarem atividades de uma maneira considerada “inteligente”.

De acordo com Sakurai e Zuchi (2018), os profissionais também precisam de adaptar a essa nova realidade de avanços de tecnologia e as empresas precisam capacitar esses empregados. Só assim será possível atender a esse novo modelo de evolução contínua da tecnologia.

2.5 Inovação na Construção Civil

A indústria da construção recebeu nos últimos anos vários incentivos governamentais devido à sua capacidade para oferecer empregos para trabalhadores com baixa qualificação, contribuindo assim significativamente para a geração de emprego e renda, especialmente para classes econômicas mais baixas (SCHREIBER e PINHEIRO, 2016).

De acordo com Rocha (2018), a inovação é importante para que o desenvolvimento econômico aconteça, se apresentando historicamente como um fator de vantagem competitiva.

Amaral *et al.* (2018) cita que a construção civil é um setor considerado tecnologicamente atrasado. Porém várias empresas brasileiras vêm introduzindo em seus canteiros inovações para que consigam racionalizar processos construtivos, reduzir consumo de materiais, aumentar a produtividade e proporcionar condições seguras para os operários.

As construtoras estudadas no trabalho de Rezende e Araújo (2013), em sua maioria, cresceram de forma desordenada, sem um planejamento adequado. Na maior parte delas, não possuem noções básicas de gestão. Ou seja, elas percebem que é importante praticar a inovação, porém não conseguem avaliar o risco e benefício que compense inovar, ainda falta essa cultura de inovação.

2.6 Planejamento na Construção Civil

Palhota (2016) cita que, é comum que os atrasos de obras sejam ligados ao não cumprimento de prazos de conclusão das atividades, que foram inicialmente planejamentos e falta de execução de responsabilidades. Dessa forma, surgem várias consequências como reduzir a rentabilidade e gerar prejuízo para os envolvidos no projeto.

O planejamento é fundamental para a fazer o gerenciamento de projetos. Com ele, é possível antecipar situações que poderiam vir a prejudicar o plano inicial e podem ser previstas, além de replanejar as atividades de forma a absorver esses acontecimentos sem prejudicar o prazo. Ou

seja, o planejamento é um conjunto de processos, diretrizes e ações que são implementados a fim de que o objetivo pré-estabelecido seja alcançado (SILVA, 2011).

O pensamento enxuto, o *lean*, pode ser uma metodologia utilizada na construção de planejamento de obras. Com o *lean*, é possível reduzir equipamento, mão de obra e tempo e conseguir produzir mais. É uma forma de redução do desperdício e entregar aos clientes o que eles esperam receber. É visto como um diferencial para as empresas, auxiliando a alcançar seus resultados (SILVA, 2011).

2.7 Sustentabilidade na Gestão da Construção Civil

A evolução da construção civil sem prejudicar recursos naturais é uma preocupação com o presente e com o futuro. É importante que as necessidades humanas sejam atendidas, porém fazendo o uso consciente dos recursos naturais (Côrtes, 2011).

A tecnologia é um item importante para contribuir com a sustentabilidade das empresas. Afinal, as diferentes ferramentas e inovações permitem controlar melhor a gestão de insumos, o canteiro de obras, os custos, a mão de obra necessária, as etapas do projeto e o tempo de conclusão.

Um dos pontos que a tecnologia pode auxiliar na gestão da obra para que ela tenha uma melhor sustentabilidade é a análise os gastos do projeto, sendo esse um passo importante para que os engenheiros consigam economizar e garantindo que os prazos sejam atingidos.

Outra questão importante é que o uso de ferramentas digitais para a gestão e acompanhamento de obras auxiliam no processo e reduzem o consumo de papel. Dessa forma, é possível analisar os dados, transmitir informações e produzir os relatórios tendo essa mobilidade permitida já que não estariam sendo utilizados documentos em papel, reduzindo os riscos de erros e problemas.

3 METODOLOGIA

3.1.Considerações Iniciais

O método dessa pesquisa se dividiu em quatro etapas. São elas: revisão bibliográfica, coleta de informações em campo via questionário estruturado, entrevistas e estudo de caso exploratório.

Tomou-se como base os trabalhos de Collis e Hussey (2005), Gibbs (2009) e Richardson (2011) para embasar a proposta metodológica, além de identificar o tipo de pesquisa em questão.

3.2.Enquadramento metodológico

Quanto ao objetivo da pesquisa, por conta de ser uma pesquisa que descreve a forma como acontecimentos se comportam, o presente trabalho é classificado como uma pesquisa descritiva. Dessa forma, será identificado e exposto as informações a respeito do problema, que é a dificuldade na geração de informações para o canteiro de obras.

A abordagem da pesquisa, tratando do método aplicado, se encaixa no nicho de pesquisa qualitativa, por conta da natureza dos dados, pois não será utilizado estatística e serão examinadas e avaliadas as percepções para se obter um entendimento (COLLIS E HUSSEY, 2005).

A pesquisa também se enquadra na em aplicada, pois teve como objetivo aplicar as suas descobertas ao problema existente citado anteriormente.

3.3.Revisão Bibliográfica

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando artigos científicos, trabalhos acadêmicos e livros. Buscou-se fazer esse levantamento de publicações em eventos e periódicos importante nas áreas abordadas. Os temas estudados foram inovação, ambientes de inovação, parcerias universidades e empresas, metodologia de gerenciamento de obras, ferramentas inovadoras no mercado da construção civil, impacto de inovação de um produto para o seu setor. Além disso, foi feito um levantamento sobre a melhor forma de pesquisa para que fosse atingido o objetivo de avaliar o impacto do produto no mercado.

As bases utilizadas para a busca dos artigos foram *Google Scholar*, Periódicos da Capes e *Scielo*.

3.4.Coleta de Informações

O método de coleta das informações e levantamento de dados começou inicialmente com análise documental de materiais disponibilizados pela empresa responsável pelo produto, como reportagens, manual de utilização, e-mails, documentos administrativos. Em seguida, foram feitas entrevistas não estruturadas com os desenvolvedores do sistema. A partir do

entendimento do cenário de mercado, seguiu-se para entrevistas com questionários estruturados. Os grupos que fizeram parte da pesquisa foram divididos em 4: usuários do sistema que trabalham na empresa em questão, usuários externos (clientes que compram o sistema), desenvolvedores do sistema e equipe própria de implantação do sistema nas empresas, referente ao setor de *Customer Success*.

As perguntas tratadas com os grupos entrevistados tiveram como objetivo levantar os seguintes tópicos a seguir e estão descritas no apêndice A:

- a) Facilidade de implantação do sistema;
- b) Facilidade na elaboração do planejamento e replanejamento das obras x utilização de outras ferramentas disponíveis no mercado;
- c) Nível de redução de tempo gasto com atividades de gestão;
- d) Aumento de produtividade após a implantação;
- e) Velocidade do recebimento da informação;
- f) Transparência da informação;
- g) Pesquisa geral de satisfação dos clientes;
- h) Aderência da utilização nos níveis de operários, supervisores/gestores da obra, gerentes de construtoras.

Além disso, foram realizadas observações diretas em campo, com medições de produtividade da utilização do sistema, em dois momentos: na elaboração do planejamento inicial da obra e nas reprogramações mensais, de acordo com informações geradas no campo. Também foi observado a forma de medição das atividades em campo e o tempo gasto nessa atividade.

Foram escolhidas 3 obras onde as construtoras implantaram o sistema abordado na pesquisa e coletado depoimentos de quais as funcionalidades são mais impactantes nas atividades de gestão.

3.5. Estudo de Caso

A análise prática do tema foi feita através de um estudo de caso. Pode-se classificar o estudo de caso em misto, pois envolve as seguintes percepções:

- a) Estudo de caso descritivo: será apresentado um relato detalhado sobre o estudo de caso, definindo sua estrutura, como foi concebido, suas funcionalidades e o impacto já provado no mercado;
- b) Estudo de caso avaliativo: com a descrição do sistema feita, teve-se como objetivo gerar informações e dados para que seja feita a avaliação dos resultados, bem como a sua efetividade.

4 ESTUDO DE CASO

4.1. Considerações Iniciais

Nesse capítulo, será apresentado o estudo de caso escolhido. Serão descritas todas as funcionalidades, tecnologias utilizadas, parcerias entre a empresa e a universidade e prêmios que o produto recebeu.

4.1 A Empresa

A empresa em questão que desenvolveu o produto AGILEAN, a Aval Tecnologia, foi criada em 2017, com a união das empresas Aval Engenharia e AL Tecnologia. A empresa tem o intuito de desenvolver aplicativos voltados para a construção civil.

A equipe da Aval Engenharia possui *expertise*, há mais de 10 anos, em construção civil e em Planejamento e Acompanhamento de Obras. Atualmente, a empresa realiza consultoria em planejamento, orçamento e gerenciamento da produção, já havendo orçado e planejado três milhões de m² de área construída, com uma redução de 15% no custo de produção utilizando as técnicas de produção enxuta. São mais de dez anos de experiência em treinamentos em gestão de obras, oito mil unidades acompanhadas, além de cinco artigos publicados em congressos, sendo um em congresso internacional, um em periódico e os demais em congressos nacionais. Essa é a equipe responsável pela definição das diretrizes do projeto de inovação de forma a agregar o máximo de valor aos gestores da indústria da construção civil.

Enquanto que a AL Tecnologia traz a *expertise* em desenvolvimento *web* com certificação *Java* e *Microsoft*, tanto em projetos internacionais, desenvolvendo soluções de TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) para diferentes setores desde 1994. Seu principal diferencial é o desenvolvimento, da concepção à implantação, de soluções com interfaces *mobile* (aplicativos) que facilitam a coleta da informação no campo interligada a um banco de dados para geração de indicadores e alimentação de um módulo *web*.

A missão da empresa Aval Tecnologia é “Desenvolver soluções efetivas e com Inovação com foco em Planejamento e Gestão da Produção na Construção Civil” e os seus valores se baseiam em: inovação, criatividade, senso crítico, qualidade e naturalidade.

Atualmente, a Aval Tecnologia comercializa quatro soluções independentes para gestão de obras. São elas: *Lean Metric* (gestão de prazo e custos), *QuizQuality* (gestão da qualidade), *PayTask* (gestão da mão de obra) e o AGILEAN (gestão de produtividade). Essas soluções já foram implementadas em mais de cem canteiros de obras.

A Figura 2 demonstra a linha do tempo referente à criação das empresas e lançamentos dos aplicativos.

Figura 2 - Linha do tempo



Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

Os principais clientes da empresa são as construtoras de pequeno, médio e grande porte. São mais de oitenta construtoras atualmente utilizando aplicativos da empresa, estando elas localizadas em todo território nacional. Vale ressaltar que os produtos da Aval Tecnologia podem ser escalados para todo o país por conta da fácil implantação e monitoramento do uso à distância.

4.2 O Produto AGILEAN

O AGILEAN é uma solução com foco na melhoria do processo de gestão nos canteiros de obras e aumento da eficiência e produtividade das construtoras. Integrando as mais novas tecnologias da indústria 4.0, conceitos de *lean construction* e a experiência da equipe na gestão de mais de 100 obras, é uma plataforma que integra *Software* + *Aplicativo Mobile* + *Hardware* + *Portal de Resultados* + *Chatbot*.

Conforme apontam diversos estudos, a indústria da construção civil tem um grande potencial de aumento de produtividade em seus canteiros e, devido a nova conjuntura de mercado, é de fundamental importância para os construtores e incorporadores a adoção de práticas de gestão da produção que viabilizem os seus empreendimentos através da redução do custo de produção e aumento da eficiência operacional. Dentro desse contexto e utilizando tecnologias inovadoras como Internet das Coisas (IoT) e *Big Data*, o AGILEAN permite que as informações de planejamento permeiem por toda a empresa chegando até o operário que executa a tarefa e faz o monitoramento da eficiência do sistema produtivo em tempo real.

Os agentes da cadeia produtiva que são potenciais usuários da inovação são as construtoras, empreiteiras e incorporadoras. A utilização do produto é vantajosa, pois melhora

a gestão da obra, aumentando a sua produtividade na execução das atividades, otimizando e garantindo o cumprimento do orçamento referente à mão de obra. O sistema pode permitir, inclusive, a geração de um banco de dados de indicadores de produtividade por região.

Além disso, o sistema impacta:

- a) Operários: irão saber sempre quais atividades devem realizar diariamente e qual valor irão receber no final do mês, de acordo com a sua produtividade;
- b) Mestres, Supervisores e Gestores de Obras: ajudando na rotina da obra, tanto para mapeamento da mão de obra quanto reduzindo a falta de informação no canteiro;
- c) Gestores de Construtoras: que mesmo à distância, poderão ter todas as informações das suas obras, de forma transparente e objetiva, para auxiliar na tomada de decisão. Além da possibilidade de redução do custo administrativo das obras com a centralização de um setor de planejamento e controle de produção e mão de obra.

O AGILEAN se divide nos seguintes módulos que serão abordados a seguir: *Planner*, *Andon*, *Aplicativo Mobile*, Portal com *dashboard* de resultados e *Chatbot*.

4.2.1. Planner

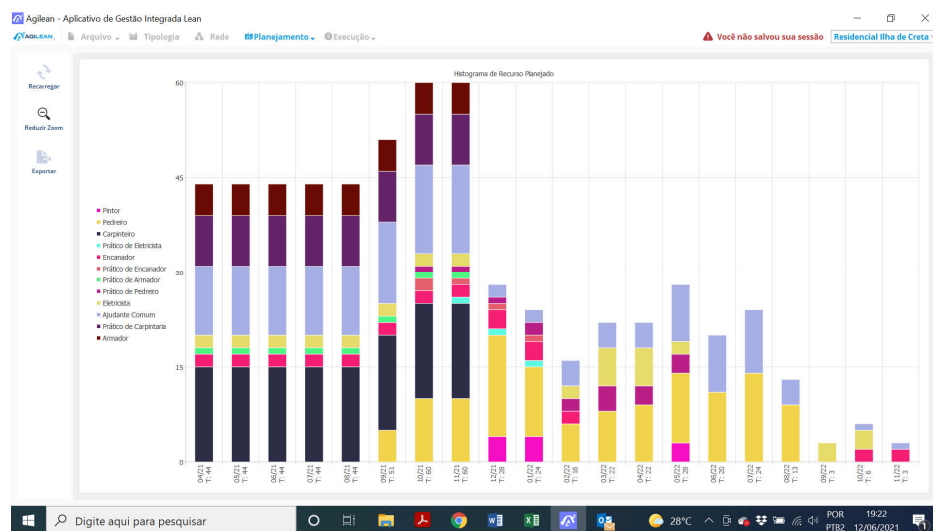
O AGILEAN *Planner* é uma ferramenta desenvolvida para elaboração de cronograma de obras, focado na utilização da metodologia de linha de balanço. A construção do planejamento se divide em 5 etapas: Tipologia, Rede, Linha de Balanço, Histograma de mão de obra e Curva S.

Na primeira etapa, tipologia, é descrito quais são as unidades e os locais da obra: Torres e Pavimentos. Em seguida, na rede, é feita a rede de precedência, conforme Figura 3, onde é determinada a ordem de execução de cada pacote de trabalho e também a sua duração.

Existem algumas funcionalidades que podem auxiliar o usuário na elaboração do planejamento. As de maior destaque são: fluxo contínuo – onde com o *click* de um botão coloca todas as mesmas atividades, porém em pavimentos diferentes, em fluxo contínuo, permitindo o aproveitamento completo das equipes.

Após o lançamento do cronograma, é possível lançar a equipe de cada pacote de trabalho, para conseguir ter um histograma de mão de obra, com os picos de produção, por função, conforme Figura 5.

Figura 5 - Histograma de Mão de Obra AGILEAN

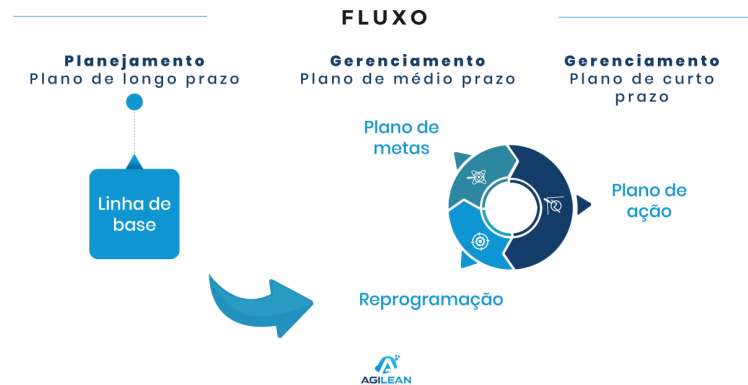


Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2020)

Além da mão de obra, é possível fazer o lançamento do orçamento em cada pacote de trabalho e fazer a projeção de desembolso mês a mês e prever os meses onde terão os picos de produção. Essas duas ferramentas auxiliam na assertividade e na elaboração do planejamento, de forma a entender as projeções que o planejamento trouxer para a obra e verificar se existem limitações no campo para conseguir executar o planejamento.

Com o planejamento validado, e iniciando o acompanhamento de obras, o fluxo do sistema funciona conforme a Figura 6. Após a validação do planejamento, o primeiro passo é salvar a linha de base da obra para que possam ser monitorados os resultados da obra mês a mês. A linha de base é o planejamento que servirá como parâmetro para o monitoramento da evolução da obra ao longo do tempo. Recomenda-se que permaneça com a mesma linha de base até o final da obra, a não ser que existam alterações extremamente consideráveis no planejamento das atividades ou no orçamento da obra.

Figura 6 - Fluxo do Sistema AGILEAN



Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

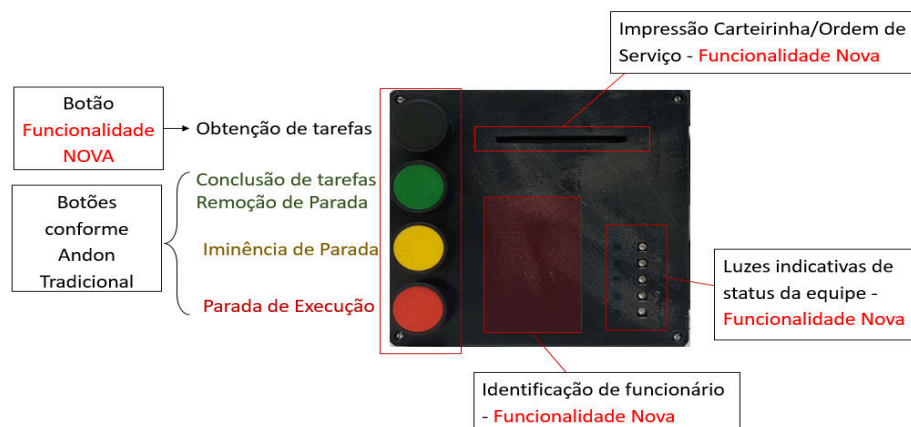
Em seguida, a cada encerramento de período para análise, é possível criar uma nova reprogramação de obra. Além disso, no plano de curto prazo, é possível que seja desenvolvido planos de ação semanais no AGILEAN para a recuperação da obra, por exemplo.

Em relação ao médio prazo, existe um módulo no *planner* de restrições do projeto. Com ele, é possível cadastrar restrições de cada atividade, sendo referentes a projetos, mão de obra e materiais. Além disso, é possível vincular essas restrições à responsáveis e a datas limite para serem removidas de forma que não atrapalhem a execução das atividades. Alertas das restrições são enviados para cada responsável via *chatbot*.

4.2.2 Andon

O módulo AGILEAN *Andon* é um *hardware* criado como uma melhoria do *Andon* tradicional – dispositivo bastante disseminado em canteiros de obra que aplicam a construção enxuta (MIRANDA FILHO; HEINECK; COSTA, 2016).

A estação AGILEAN *Andon* é apresentada na Figura 7 e detalhada na sequência.

Figura 7 – Detalhamento do *Andon*

Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

No seu modelo tradicional, o *Andon* é um equipamento que fica no campo e a sua ativação pode ser realizada por qualquer pessoa no canteiro de obras, o que dificulta o acompanhamento dos pacotes de trabalho. Além da funcionalidade tradicional que seria de informar aos gestores de obra o status dos serviços (em execução, iminência de parada e parada), incrementou-se as seguintes funcionalidades no AGILEAN *Andon*: (1) identificação do funcionário, (2) obtenção de tarefas e impressão de ordem de serviço e (3) possibilidade de monitoramento do status de múltiplas equipes em um mesmo pavimento.

No AGILEAN *Andon*, cada operário recebe um cartão de identificação, com tecnologia *RFID* o que permite o registro e identificação do funcionário que informou o status do serviço e a qual equipe ele pertence (garantindo o monitoramento de múltiplas equipes em um mesmo pavimento), o que permite que o AGILEAN *Andon* registre, também, os tempos de paralizações e envie alertas via *chatbot* para os celulares cadastrados no sistema (engenheiros, mestres e encarregados).

Os botões do equipamento funcionam da seguinte maneira:

Botão Preto: O botão preto serve para o funcionário iniciar uma nova tarefa. Ao passar o seu crachá na estação, o funcionário é identificado e, ao apertar o botão preto, o sistema irá buscar se existe algum pacote de serviço a ser executado pela equipe do funcionário. Caso positivo, o pacote será impresso. A estação se comunica com o operário, imprimindo carteirinhas e mensagens, otimizando o fluxo de informações entre a equipe de gestão da obra e os operários.

Botão Verde: O botão verde é utilizado para reiniciar uma tarefa paralisada ou na iminência de paralização e para informar a conclusão de uma tarefa.

Botão Amarelo: O botão amarelo indica que a equipe está na iminência de uma paralização.

Botão Vermelho: Caso o funcionário acione o botão vermelho, estará indicando que o operário/equipe está com problemas e ficou parado no pavimento. Além disso, na plataforma do aplicativo *mobile* é possível cadastrar quais as causas das paradas de cada equipe de trabalho.

Para a identificação do operário, ele passa seu cartão na caixa, de forma que o sistema identifica qual a equipe está paralisada e envia mensagem de texto para pessoas pré-cadastradas na plataforma *web*, informando o acontecimento.

A emissão das ordens de serviço, que estão conectadas no módulo *planner*, também faz parte do produto e é automatizada. O operário pode solicitar uma nova tarefa, ao concluir a tarefa que ele está alocado e executando no momento. A carteirinha do seu próximo serviço é impressa no mesmo momento, e nela contém os indicativos de qual é o serviço, o pavimento

onde será executado, quem são os demais operários que irão executar junto com aquele operário, qual será o valor pago por aquele serviço e a data de início e término da atividade.

Com essa funcionalidade, é possível fazer a distribuição das ordens de serviço no campo alinhadas com o planejamento da obra. E assim, atividades que não agregam valor ao produto final são reduzidas e tem-se o aumento da transparência e da confiabilidade no processo. Importante ressaltar que, ao gerar as atividades dentro do módulo *planner*, o gestor, com base em um orçamento de mão de obra, já faz a alocação do custo disponível para execução de cada tarefa, prazos e equipe que irá executar.

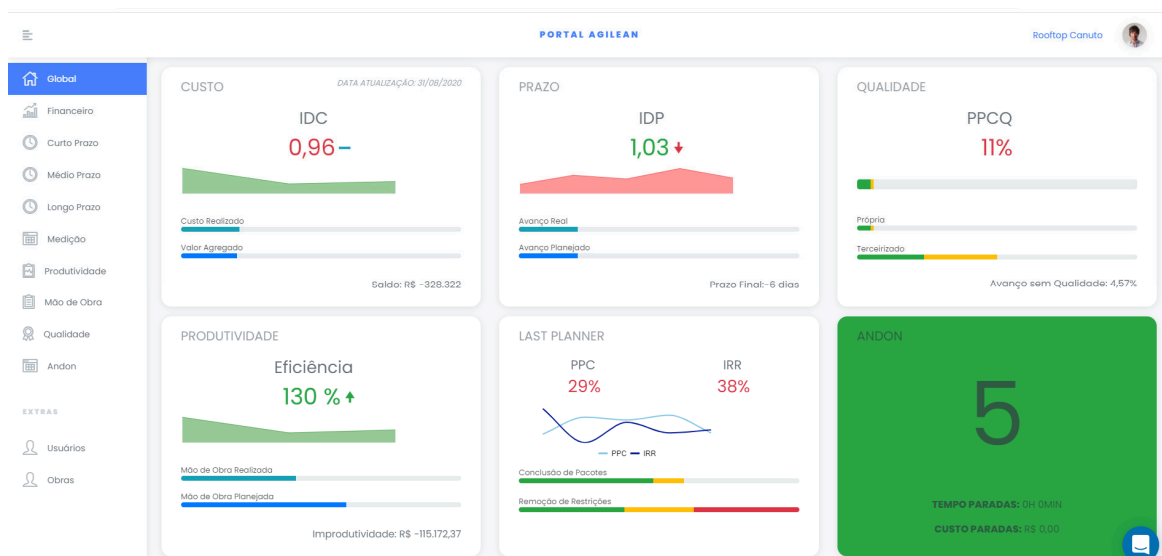
4.2.3 Tablet

Com o aplicativo para Android, após a introdução das atividades no *planner*, é possível cadastrar funcionários e equipes de trabalho, alocar equipes de trabalho para execução de determinada atividade e determinar o valor que será pago pelo serviço, cadastrar o motivo de causa das paradas dos serviços, fazer a aprovação se um serviço tem qualidade ou se deve ser feito um reparo em campo. Também é possível simular um *Andon* e fazer os mesmos indicativos feitos com o *Andon* distribuído no campo, descrito no tópico anterior.

4.2.4 Dashboard

Para compilar todas as informações cadastradas no sistema, foi desenvolvido um painel de *Business Intelligence* (BI), de forma a integrar todas as informações geradas em todas as plataformas, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 - *Dashboard* de Resultados AGILEAN



Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2020)

Nesse painel, os indicadores abordados estão voltados para o monitoramento do prazo e do custo da obra, datas de início e término das atividades, terminalidade das atividades, índice de remoção das restrições e atualizações sobre paralizações das atividades da obra.

4.2.5 Chatbot

Foi criado para os usuários do sistema um *chatbot*, 24 horas por dia, para a emissão de relatórios, interação com envio de informações sobre o status das atividades, como: alerta de eminência de parada, parada, início e término de atividades. Além disso, avisos sobre restrições próximas do vencimento, alertas de novas restrições cadastradas e o próprio usuário pode remover as restrições utilizando o *chatbot*. Dessa forma, a qualquer momento, o usuário pode emitir os relatórios em tempo real e receber informações a toda hora da sua obra.

4.3 Concorrência

Além dos *softwares* mais utilizados mundialmente para planejamento de obras: *Microsoft Project* e Primavera (*softwares* não automatizados), as principais empresas nacionais que desenvolvem produtos similares ao *AGILEAN Planner* são: WeLob, TecPlanner, AGET, e LDB. As empresas internacionais que se destacam são: Vico (mais relacionado à planejamento 4D), ProPlanner e ASTA PowerProject. A Figura 9 resume as características de cada produto concorrente.

Figura 9 - Comparativo Concorrentes AGILEAN

	Versão em Português	LB Automática	Relatórios Automáticos	Relatórios Comparativos (cada obra)	Relatórios Comparativos (obras diferentes/mesmatipologia)	Rede de predecessores automática pela EAP	Integração LBDados coletados em obra (dados na nuvem)	Integração com Inteligência Artificial - previsão de cenários	Integração com Software para planejamento de Médio e Curto Prazo	Integração Business Inteligência (BI)
 LB AUTOMÁTICA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

Foi feita uma extensa pesquisa nos produtos citados acima juntamente com uma pesquisa de mercado com algumas construtoras do nordeste para conceber um produto com diferencial, diante das necessidades do mercado em que atua. É possível verificar seu

diferencial das seguintes formas: quanto à coleta de dados para a reprogramação da obra, pois essa coleta é feita por um *tablet* e suas informações estarão nas nuvens; quanto à automatização da linha de base a partir da utilização de inteligência artificial; quanto à análise de dados oferecida pelo produto, sabendo que o banco de dados para essa análise é composto por mais de 10 anos de consultorias e *expertise* no assunto; e quanto à integração com *Lean Metric*, aplicativo amplamente utilizado e que proporciona a geração de relatórios com indicadores.

Analisando a concorrência, verifica-se que as soluções concorrentes não possuem características de competitividade e que trazem aos clientes benefícios importantes, como por exemplo: relatórios comparativos, redes de precedentes, previsão de cenários baseado em inteligência artificial e *dashboards* de BI.

4.4 Parceria EMBRAPPII

Em 2017, foi obtida uma subvenção econômica para desenvolvimento de um dos braços do AGILEAN com parceria do IFCE (Instituto Federal do Ceará), o AGILEAN *Andon*. A Aval Tecnologia firmou convênio com o IFCE e o EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), visando a cooperação entre instituição de pesquisa científica e tecnológica e empresas industriais, explorando a sinergia entre os envolvidos e estimulando a transferência de conhecimentos e a busca de soluções tecnológicas.

Essa parceria foi firmada para o desenvolvimento do protótipo AGILEAN *Andon* (Figura 10) e teve duração de 10 meses. O AGILEAN *Andon* utiliza-se do conceito da Internet das Coisas (IoT) e da Construção Enxuta. Para tal desenvolvimento, foi utilizado as linguagens de programação: *asp.net core*, *angular*, *html*, *C#* e *CSS*, para o desenvolvimento *web*, e *Ionic* para o desenvolvimento *mobile*, além de APIs para a interface de comunicação e integração entre sistemas de plataformas diferentes.

Figura 10 - Protótipo inicial estação AGILEAN *Andon* – Laboratório da Instituição Parceira



Fonte: Acervo IFCE (2018)

4.5 Parceria FUNCAP - INOVAFIT

Em 2018, foi submetido junto a FUNCAP um projeto para desenvolver o cálculo automático de linha de balanço, baseada em inteligência artificial. O projeto foi submetido visando a cooperação com instituição de pesquisa científica e tecnológica e com o intuito de agir sinergicamente com os parceiros e estimular produção e transferência de conhecimento e tecnologia. O projeto ainda está ativo, até o presente momento e foram agregadas, até então, partes das soluções desenvolvidas durante a parceria. Demais soluções ainda estão em testes.

4.6 Prêmio Regional de Inovação (NUTEC Inova)

Em 2019, o AGILEAN recebeu o Prêmio Regional de Inovação (NUTEC Inova), concedido pela Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) e realizado através de sua Agência de Inovação. O objetivo do prêmio é reconhecer as instituições e empresas do estado do Ceará que possuem forte atuação em práticas inovadoras, ou seja, incentivar a pesquisa e evitar que as indústrias contratem tecnologia de outras regiões quando há no Estado pessoas capacitadas para atender às demandas.

O AGILEAN foi considerado a empresa mais inovadora do estado na categoria inovação em produtos, em *startups*. Os critérios utilizados para avaliação foram: grau de inovação, abrangência da inovação e impacto da inovação.

4.7 Prêmio CBIC de Inovação e Sustentabilidade

O prêmio CBIC de inovação e sustentabilidade é promovido pela Câmara brasileira da indústria da construção civil, em nível nacional. Esse prêmio tem como objetivo incentivar a evolução do ambiente da construção, reconhecendo e premiando soluções de tecnologia e relacionadas a sustentabilidade. Além disso, a CBIC auxilia na divulgação das soluções para o mercado, sendo um canal de chancela importante.

O 23º prêmio aconteceu em 2020, e contou com as seguintes categorias: sistemas construtivos, gestão da produção e pesquisa e desenvolvimento (P&D), pesquisa acadêmica e *Startup*.

O AGILEAN foi classificado em primeiro lugar na categoria *Startup*, sendo reconhecido como a melhor solução, já comercializada e dentro do território nacional, que utiliza tecnologia digital com potencial de repetição e ganho de escala. Os critérios utilizados para avaliação foram:

- a) Impacto sobre a produtividade do processo de produção;
- b) Impacto sobre a sustentabilidade (ambiental, social e econômico);
- c) Funcionalidade;

- d) Grau de inovação;
- e) Relevância do problema;
- f) Impacto sobre a produtividade;
- g) Potencial de digitalização oferecido pela solução;
- h) Grau de maturidade.

5 RESULTADOS

5.1.Considerações Iniciais

5.2.Entrevistas com os idealizadores do sistema

O principal motivo da criação do AGILEAN, segundo os idealizadores da ferramenta, foi conseguir com que a informação elaborada no escritório permeasse de forma simples e rápida no canteiro de obras. Conforme a Figura 11, foi descrito o fluxo de como a informação percorre o campo, após que ela foi processada na etapa de planejamento.

Figura 11 - Fluxo da obra sem AGILEAN



Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

O fluxo acontece em seis etapas. Após a elaboração do planejamento, cada etapa depende de um serviço operacional e que não agrega valor ao produto final, desde impressão dos pacotes de trabalho na sala de engenharia até aviso a sala de engenharia quando uma atividade está prestes a ser interrompida no campo.

Com o AGILEAN, o fluxo se reduz, de forma que as etapas de impressão dos pacotes de trabalho, distribuição de atividades no campo, aviso de conclusão de atividades, aviso caso atividade esteja paralisada ou conclusão da atividade, não existem mais. Dessa forma, é possível otimizar o fluxo de comunicação entre a sala técnica e os operários no campo. A Figura 12 retrata o novo fluxo de planejamento e acompanhamento das atividades no campo.

Figura 12 - Fluxo da obra com AGILEAN



Fonte: Acervo Aval Tecnologia (2018)

A otimização desses processos foi pensada para que seja possível a sala de engenharia gastar tempo em atividades que agregam valor para o planejamento, além de trazer para a equipe de campo uma maior proximidade com o planejamento, permitindo a transparência na informação.

5.3. Entrevistas com desenvolvedores da ferramenta

Para que fosse entendido quais foram as tecnologias utilizadas, foram realizadas entrevistas com os desenvolvedores do sistema para que fossem classificados quais são as tecnologias utilizadas em cada módulo do sistema, conforme quadro a seguir. Em relação a interação entre tecnologias utilizadas e metodologia do *lean construction*, foram encontradas as seguintes interações.

Tabela 1 - Conceitos do *Lean Construction* x Funcionalidades do AGILEAN

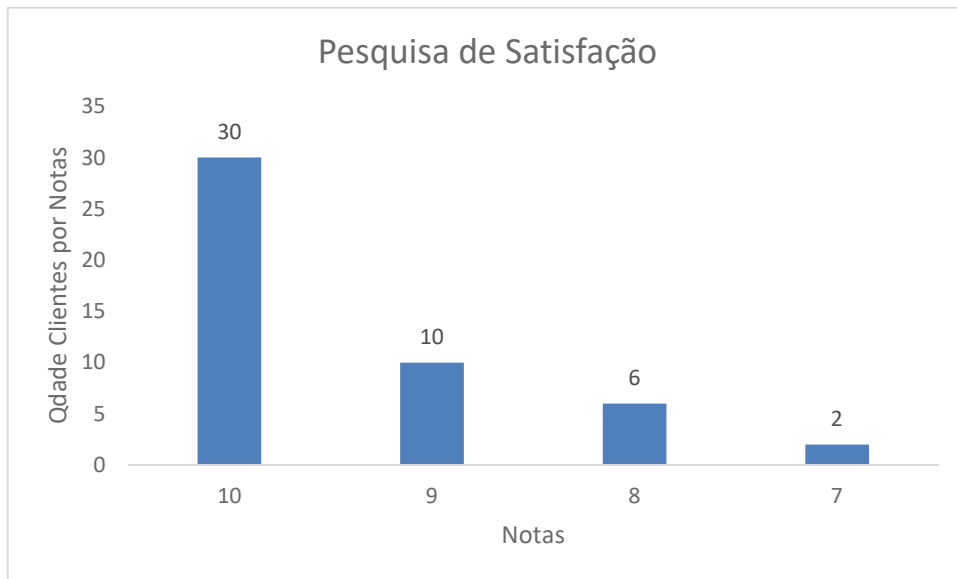
Funcionalidade	Descrição sumária	Conceitos e tecnologias relacionadas	
		Indústria 4.0	Lean Construction
AGILEAN Andon	Gestão de paralizações e alertas automáticos para os gestores da obra	Tecnologia RFID e computação nas nuvens	Reduzir a variabilidade e eliminar tempos ociosos do processo
Folha de Pagamento	Gestão de folha de pagamento e impressão de ordens de serviço no campo	Internet das Coisas (IoT), Tecnologia RFID e computação nas nuvens	Aumentar a transparência no processo, fluxo de trabalho simples e direto, sincronização das equipes de trabalho
Localização dos Funcionários	Aferição da produtividade dos funcionários baseado nos tempos de parada	Internet das Coisas (IoT)	Aumento da confiabilidade dos prazos, melhoria da produtividade
Medição de Obra	Medição dos serviços em campo automatizado	Computação móvel, Tecnologia RFID	Redução de atividades que não agregam valor ao produto final, transparência
Qualidade	Conexão entre folha de pagamento e verificação de qualidade dos serviços	Computação nas nuvens	Reduzir o tempo de ciclo dos processos, redução de incertezas
Dashboard de Resultados	Apresentação dos resultados em forma de dashboards interativos, atualizados em tempo real	Big Data	Redução de incertezas, transparência nos resultados, gerenciamento visual.

Fonte: Carneiro, Carneiro, Cândido (2019)

5.4. Pesquisa de Satisfação dos usuários

Foram coletadas pesquisas de satisfação junto aos clientes que utilizam o AGILEAN. Os resultados obtidos seguem no gráfico a seguir, com o retorno de 48 respostas a pesquisa. A nota média foi 9,41 e a menor nota foi a nota 7.

Figura 13 - Pesquisas de Satisfação 2020/2021



Fonte: da autora (2021)

Os clientes que classificaram com a menor nota citaram não conhecer o sistema por inteiro no momento da pesquisa ou sugeriram melhorar a diagramação/visualização do sistema.

5.5. Entrevistas não estruturadas

5.5.1. Depoimento empresa A

A empresa A tem nos seus procedimentos internos a evolução contínua através dos seus processos e durante a execução dos seus empreendimentos. Além de ser referência na adoção do modelo *lean construction* no Brasil, conta com diversos empreendimentos de alto padrão, executados com qualidade e sustentabilidade.

A empresa A já utilizava a linha de balanço em seu planejamento de longo prazo, porém utilizando o *software excel*. Com a adoção do AGILEAN, o *excel* foi substituído, otimizando o seu tempo de planejamento e possibilitando flexibilidade no planejamento das atividades, criação de cenários, dimensionamento das equipes e garantindo a assertividade de seus cronogramas.

De acordo com depoimento da equipe da empresa A que utilizou o AGILEAN, “Algo que no *excel* poderia levar várias horas de tentativa, erro e retrabalho, com o AGILEAN, conseguimos simular em poucos minutos. A ferramenta otimizou o nosso tempo, melhorou a análise crítica no processo de elaboração da linha de balanço e ajudou a melhorar a qualidade do nosso planejamento de longo prazo”.

Os impactos gerados pela utilização do sistema, citados pelo cliente são:

- a) Redução de 45% do tempo das rotinas de planejamento e controle da produção;
- b) Digitalização e integração total entre planejamento, qualidade e execução;
- c) Monitoramento de indicadores da produção em tempo real;
- d) Reforço e otimização das práticas do *Lean Construction* nos canteiros

5.5.2. Depoimento empresa B

Através da aplicação do módulo de planejamento do AGILEAN, a empresa B abandonou de uma vez por todas o uso do *excel* para elaboração de seus cronogramas de médio e curto prazo, passando a fazer todo o processo de forma automatizada e integrada as necessidades da filosofia *lean* da empresa.

Os gestores de obras conseguiram aumentar o uso do seu tempo em estratégias de ataque a produção, simulando diversos cenários em poucos minutos na ferramenta e aplicando na obra um planejamento fundamentado no *lean construction*, fazendo com que ele chegue até os times de produção após ter todas as restrições para sua execução gerenciadas e removidas dentro do módulo de *last planner* do AGILEAN.

Os impactos gerados pela utilização do sistema, citados pelo cliente são:

- a) Redução de 60% do tempo de planejamento;
- b) Integração total entre planejamento e execução;
- c) Indicadores da produção em tempo real;
- d) Aderência Total com as práticas do *lean construction*.

Com a implantação do AGILEAN *planner*, além da redução do tempo de elaboração do cronograma, a ferramenta também permitiu que a empresa B trabalhasse com o planejamento em diferentes tipos de cenários, reduzindo o risco de atraso na execução da obra. Uma grande vantagem também identificada pela empresa foi na facilidade de reprogramação durante o andamento da obra, com o apoio da inteligência artificial, funcionalidade do AGILEAN, que permite o replanejamento da obra de forma totalmente automática com apenas um clique.

5.5.3. Depoimento empresa C

O empreendimento que a empresa C escolheu para implantar a plataforma AGILEAN foi um empreendimento formado por torres residenciais, comerciais, hotel, *flat* e um *mall*, resultando em uma área total construída de 85.392,96 m².

Antes da utilização do AGILEAN na empresa C, era necessário uma grande carga operacional na alocação de funcionários e para rastrear os trabalhos efetivamente realizados por cada membro de sua equipe de produção, dificultando a identificação com precisão da aderência entre as atividades realizadas x planejadas. Com a implantação do AGILEAN os gestores passaram a ter uma integração total entre o planejamento e a execução, utilizando a plataforma na elaboração dos planos de longo, médio e curto prazo, de forma 100% digital e otimizada, alocando seus funcionários de forma automática nas atividades e monitorando, a cada segundo, via o AGILEAN *App*, o status das tarefas e a produtividade de cada uma das equipes de produção.

Os impactos gerados pela utilização do sistema, citados pelo cliente são:

- a) Atualização automática do planejamento e indicação de tendências em tempo real;
- b) Integração real entre medições, folha de pagamento e qualidade;
- c) Alocação das equipes no App e distribuição automática das tarefas via AGILEAN;
- d) Painel com indicadores em tempo real.

5.5.4. Depoimento empresa D

Ha 8 anos a empresa D investe em inovação para refinar seus processos internos e de vendas. É uma empresa que prioriza o conforto, tecnologias inteligentes, além de ter como foco o respeito ao meio ambiente nos seus projetos. Na empresa, já foram adotadas as ferramentas de gestão, técnicas de *design thinking* e tecnologias como o BIM, realidade aumentada e realidade virtual.

A empresa possui as certificações ISO 9001 e Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) Nível A, comprovando o foco na qualidade de seus empreendimentos e na satisfação dos clientes.

Com a paralização das atividades e incertezas do *lockdown* devido a pandemia do COVID-19, em 2020, as suas obras tiveram que ser replanejadas de maneira consecutiva. Nesse contexto, a automatização do planejamento junto com a utilização da inteligência artificial foram essenciais para o ganho de velocidade nesse processo. Com o uso dessa tecnologia, a empresa conseguiu criar e simular vários cenários de contingência, fazendo todo o processo de reprogramação de 7 torres em menos de uma hora, se preparando para o retorno das atividades e ajustando todo o seu planejamento financeiro e orçamentário, ficando à frente do mercado.

Os impactos gerados pela utilização do sistema, citados pelo cliente são:

- e) Ganhos de até 10% do custo das obras;
- f) Integração real entre planejamento, execução e qualidade;
- g) Decisão mais assertiva com indicadores em tempo real;
- h) Reprogramações otimizadas com análise de riscos.

5.5.5. Depoimento empresa E

A empresa E atua em vários setores como obras industriais, residenciais e comerciais. Uma das vantagens encontradas na adoção do AGILEAN foi em relação a aprendizagem da ferramenta. Foi identificado que a ferramenta é altamente intuitiva, onde a equipe de engenharia e a sala técnica conseguiu rapidamente aprender a ferramenta.

A empresa tem 2 braços de atuação, um braço onde atende clientes de obras industriais, comerciais e outro onde desenvolve empreendimentos imobiliários em Fortaleza, atuando em condomínios do programa casa verde amarelo.

De acordo com a equipe da construtora, o planejamento antes do AGILEAN era feito de forma analógica, e isso demandava muito trabalho, muito tempo para elaboração do planejamento. E desde que a empresa se propôs a ingressar nessa transformação digital e com a adoção do AGILEAN, a equipe começou a perceber que o processo de planejamento se tornou muito mais rápido, ágil, dinâmico, permitindo que esse planejamento converse diretamente com a obra.

5.5.6. Depoimento empresa F

A empresa F tem 7 anos de existência, em 2021 tem 4 obras em execução onde duas obras são de incorporação, outra sendo um grande shopping e a quarta uma reforma de uma fábrica. Em 2022 a empresa tem o desafio de estar executando ao mesmo tempo 6 obras e em 2023 serão 8 obras. A tendência da estratégia da empresa é ter esse aumento gradual de obras ano a ano e por isso a empresa buscou uma solução utilizando tecnologia para os seus planejamentos e acompanhamento de obras.

A dificuldade encontrada na gestão antes da utilização do AGILEAN era saber aonde estavam as equipes de trabalho no campo e se elas estavam atendendo ao cronograma proposto.

Os principais pontos de melhoria encontrados pela empresa foram:

- a) Assertividade, porque a ferramenta é utilizada para elaboração de um planejamento feito pela equipe de campo e é possível ver ele acontecer diretamente ligado ao campo e saber onde estão as equipes. Além disso, futuramente quando for fazer o controle de produção, os dados já estão no aplicativo;
- b) Produtividade, pois é possível acompanhar os processos, delimitar os responsáveis e realizar o controle tanto do planejamento como da sua execução na obra;

- c) Transparência, onde tudo que é feito na obra é enviado para um portal onde qualquer um da empresa consegue abrir e ver como esta o desempenho da obra além de envolver a operação no planejamento da obra;
- d) Disponibilidade em tempo real das informações, sendo uma das principais vantagens estratégicas abordada pela construtora pois toda a informação gerada é de fácil acesso e recebida em tempo real em vários dispositivos, e com isso a velocidade para tomada de decisões aumenta;
- e) Filosofia *Lean* implementada na metodologia do sistema, trazendo os pilares fundamentais de gestão por indicadores, exibição da produtividade e eficiência como um todo no processo.

5.5.7. Depoimento empresa G

A empresa G tem o foco em empreendimentos da área residencial, buscando sempre realizar empreendimentos inteligentes e está no mercado desde 1986. São mais de 900.000 m² de área construtiva e 125 obras concluídas. Atualmente está construindo apartamentos compactos e inteligentes.

A empresa relatou que o AGILEAN proporcionou que o planejamento de sala técnica viesse para campo e também melhorou a dinâmica do acompanhamento. Toda a parte de planejamento, as reuniões de médio prazo, acompanhamento de indicadores é feito em conjunto com o AGILEAN. Foi descrito que tudo isso é possível por ser uma ferramenta muito visual, muito fácil de ser utilizada. Por esse motivo existe uma aderência em toda a equipe de sala técnica e todos conseguem ter a noção de planejamento e fazer o acompanhamento da obra.

Um dos motivos para buscar a solução do AGILEAN é que com a nova linha de empreendimentos de apto compactos, onde a obra é pequena, foi necessário repensar tudo e focar em ser econômico, sempre com a filosofia de gastar menos e fazer mais.

O planejamento é feito com a própria equipe da construtora, sem consultorias e sem a utilização do Project. O colaborador no campo é capaz de dar o início e o final na execução da sua tarefa através do andon, liberando a equipe da qualidade para visitar o ambiente concluído. Dessa forma, tornando o planejamento e o acompanhamento mais econômico e de uma maneira muito mais eficiente, além de proporcionar a mobilidade da equipe de diretoria estar na construtora e puder acompanhar, sabendo o que está acontecendo em tempo real.

5.5.8. Resumo dos Resultados dos Cases

Como resultados quantitativos atingidos, pode-se destacar a economia financeira que o AGILEAN proporciona para a obra/construtora. Considerando a implementação em um

empreendimento residencial com uma área construída de, aproximadamente, 13.000m², houve uma redução de pelo menos 10% do custo de mão de obra de produção.

Além disso, a equipe administrativa da obra também pode ser reduzida, havendo a possibilidade de ratear esse custo de controle da produção em mais de uma obra, já que a vários fluxos de trabalho serão otimizados pela ferramenta.

O impacto com a inovação é a diminuição do tempo gasto com essas atividades, diminuição de retrabalhos e a possibilidade dos gestores da obra avaliarem diariamente o desempenho do sistema produtivo como um todo, resultando em uma aumento da produtividade da obra em geral.

O *Andon* tradicional, de forma isolada, indica os motivos, tempos e alertas de paralizações, contudo a ferramenta exige bastante disciplina dos funcionários da obra e não indica a localização dos membros das equipes em tempo real, somente daqueles que fizeram o check-in no pavimento. Além disso, a ferramenta *Andon* isolada não faz a gestão da distribuição dos pacotes de trabalho no campo e fechamento da folha de pagamento dos seus funcionários, pontos de grande dificuldade nas construtoras.

Normalmente, esses três pontos (alerta de paralização, distribuição de pacotes e fechamento da folha de pagamento) são resolvidos no dia-a-dia da obra de forma separada e bastante arcaica, especialmente os dois últimos pontos. É necessário despender muito tempo, por exemplo, separando os serviços e alocando pessoal/orçamento, recebendo as ordens de serviços após a execução da atividade e lançando manualmente de um por um no sistema para fechamento de folha. Além disso, a obtenção de indicadores de produtividade a partir desse processo pode facilmente ser falho, pois não é possível saber com certeza quanto tempo o funcionário ficou parado ou se teve que executar outra atividade por conta de uma falta de insumo.

Pelos tempos de paradas, motivos e localização é possível identificar os funcionários improdutivos e analisar as causas que os levaram a serem improdutivos. A possibilidade de imprimir os pacotes de trabalho no próprio pavimento permite uma maior permeabilidade do planejamento da obra e, baseado no próprio comando no campo, são obtidas as datas e início e término reais da atividade o que permite o acompanhamento, em tempo real, dos possíveis desvios em relação ao planejamento da obra.

A maioria das obras e das consultorias de planejamento, no Brasil, se utilizam de softwares como o *Microsoft Project* para o desenvolvimento de planejamentos, porém este requer bastante treinamento e conhecimento para eficiente utilização. Ainda quando utilizados outros softwares para o planejamento, estes não possuem inteligência artificial para facilitar sua

utilização e, ainda, não possuem integração com a coleta de dados em campo para alimentação do banco de dados na nuvem. Com o *AGILEAN Planner* é possível automatizar o desenvolvimento de um planejamento para determinada tipologia de obra a partir de inteligência artificial e *big data* (coleta e análise de dados), além da integração das informações de planejamento com o aplicativo *Lean Metric* para a geração de indicadores e gráficos comparativos com outras obras de mesma tipologia.

6 CONCLUSÕES

6.1. Considerações Iniciais

Foram analisados os impactos do sistema AGILEAN para a construção civil. A seguir, foram expostas as contribuições desse produto e o grau de inovação.

6.2 Conclusões

O produto em questão é totalmente novo, pois engloba não somente o desenvolvimento da linha de balanço automatizada, mas a utilização de redes neurais e inteligência artificial para análise dos dados de forma a automatizar reprogramações, simular cenários e prever andamento futuro do obra, indicar problemas de execução do planejamento, auxiliar na tomada de decisão, além de comparar se está melhor ou pior que as outras obras do banco de dados.

Através do estudo de caso, pode-se concluir que o processo de desenvolvimento tecnológico do produto gerou um valor que se agrega às atividades da construção civil através de ganhos de produtividade pelas melhorias na gestão de processos.

Os impactos do desenvolvimento do projeto AGILEAN *Planner* para a empresa são: o potencial de aumentar a competitividade, a sua produtividade, além do aumento e do aprimoramento das suas atividades de inovação. Acredita-se que a ferramenta tem potencial para escalonamento, não apenas a nível nacional, como já é o caso de outras ferramentas desenvolvidas, mas também a nível internacional.

Além do que, o projeto tem grande potencial e impacto na área de gestão da construção civil, pois servirá como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e qualidade nos canteiros de obras, de forma nacional e internacional.

Ademais, atualmente, em todas as construtoras, é feito um controle separado da qualidade do serviço executado *versus* pagamento das tarefas realizadas x medição de avanço de obras. Isso tem gerado constantemente problemas de atividades “pagas”, contudo sem uma efetiva liberação e conferência do setor de qualidade. A inovação possibilita o pagamento da folha e a medição da obra conforme liberação dos serviços pela qualidade feita, também, dentro da plataforma *tablet*.

Percebeu-se que, através dos resultados das iniciativas, essa tendência de união das práticas de gestão atuais com os avanços da tecnologia disponível, se mostra como uma das principais saídas para que as empresas do setor voltem a ter resultados que justifiquem a continuidade dos investimentos no setor da construção civil.

Como resultados qualitativos atingidos, é possível elencar os seguintes:

- a) Aumento da produtividade das equipes;

- b) Implantação de uma cultura de transparência, meritocracia e melhoria contínua no canteiro;
- c) Obtenção de informações rápidas, não ao final de cada pacote, mas durante o processo produtivo;
- d) Garantia da alocação das equipes no campo conforme planejamento;
- e) Possibilidade de monitoramento do efetivo total da obra em tempo real;
- f) Alinhamento de Planejamento x Produção x Qualidade;
- g) Redução da carga gerencial necessária para a elaboração da folha de pagamento;
- h) Melhoria no fluxo de informação na obra e redução do uso de meios, equipamentos e formas de comunicação informais no canteiro;
- i) Melhoria da gestão dos terceirizados pelo monitoramento do seu efetivo real na obra;
- j) Melhoria da segurança no canteiro pelo monitoramento dos funcionários que estão habilitados para está em determinado ponto do canteiro.

Como sugestão de melhoraria de uso da ferramenta em questão, tem-se:

- a) Fazer a integração da ferramenta com o modelo BIM, com o intuito de trazer para o AGILEAN um planejamento e um acompanhamento de obras mais visual e conectado com o modelo desenvolvido;
- b) Facilitar a comunicação dos alertas em campo, de forma que não seja necessário ter uma estação próxima aos operários;
- c) Trazer para os usuários um ranking de produtividade dos operários;
- d) Ter um benchmarking de indicadores entre obras da mesma empresa e de empresas diferentes.

6.3 Sugestões para próximos trabalhos

Tendo em vista os resultados obtidos, foram selecionadas sugestões para a elaboração de novos trabalhos. Assim, será possível dar continuidade ao estudo realizado, agregando ainda mais valor ao tema. São sugeridos os seguintes temas:

- a) Análise do tempo de aprendizado para a utilização da ferramenta;
- b) Análise da reincidência ou não de clientes na utilização da ferramenta em outros projetos.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. A. GABRIEL, J. C. CAMPOS, G. M. Automação e robótica na construção civil, 2018.
- AMBROZEWICZ, P. H. L. 2003. 200p. Metodologia para capacitação e implantação de gestão da qualidade em escala nacional para profissionais e construtora baseada no PBQPH e em Educação à Distância. Tese (Doutorado em engenharia de produção) – Programa de Pós - Graduação em Engenharia da Produção. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, M. J.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N.; BROWN, S. Reinventing Construction: a route to higher productivity. Houston: McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>>. Acessado em 19 jun. 2021.
- CASADO, F. SILUK, J. ZAMPIERE, N. Universidade empreendedora e o desenvolvimento regional sustentável: proposta de um modelo. 2012
- CBCI. Câmara Brasileira da Construção Civil. Catálogo da Construção Civil. Brasília: CBIC, 2020
- COLLABO. Transformações na indústria 4.0 na realidade das empresas. Joinville-SC, 2016. Disponível em: <https://blog.collabo.com.br/transformacoes-industria-4-0>. >Acesso em: 08/06/2021
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- CORTÊS, R. C.; FRANÇA, S. L. B; QUELHAS, O. L. O.; MOREIRA, M. M.; MEIRINO, M. J. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. Revista Eletrônica Sistemas e Gestão 6 pp 384-397, 2011.
- ETZKOWITZ, H. ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo, 2017.
- GIBBS, G. Análise de dados qualitativos. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009
- KAGERMANN, H; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. München: acatech – National Academy of Science and Engineering, 2013.
- KURESKI, R.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; SESSO FILHO, U. A.; HARDT, L. P. A. O macrossetor da construção civil na economia brasileira em 2004. Ambiente Construído, v. 8, n. 1, p. 7–19, 2008.
- LEE, YONG S. The Sustainability of University-Industry Research Collaboration: An Empirical Assessment. Journal of Technology Transfer, v. 25, p. 111-133, 2000

LIMA, T. parceria entre universidade-empresa e a comercialização das inovações tecnológicas, 2011.

MANUAL DE OSLO: proposta de diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 2ª edição. 1997. OECD.

MELLO, L. C. B. D. B.; AMORIM, S. R. L. de. O subtor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. Produção, v. 19, n. 2, p. 388–399, 2009.

MIRANDA, A. ARAUJO, I. FREIRA, B. FERNANDES, a. Inovação nas universidades: uma análise do novo marco legal, 2019.

NASCIMENTO, LUIZ ANTONIO DO; SANTOS, EDUARDO TOLEDO. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PUCRS, 2002.

NEWTON, P. Diffusion of IT in the Building and Construction Industry. Building for Growth Innovation Forum, Sydney, 1998.

PALHOTA, T. F. Gestão de prazos em obras de edificações considerando os paradigmas atuais da construção civil, 2016.

PALUMA, T. TEIXEIRA, E. D. O marco legal da inovação e o aumento da interação entre universidade e empresa: contribuições para a consolidação do direito fundamental ao desenvolvimento, 2019.

PEREIRA, P. P. K. Implementação do bim no setor de planejamento e controle de uma construtora, 2014.

RAUEN, C. O novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-empresa?, 2016.

REZENDE, I. S. ARAÚJO, R. M. Inovação na construção civil: um estudo descritivo, 2013.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa Social: Métodos e Técnicas. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

ROCHA, C. A. S. ARRUDA, C. D., SCHOLZ, R. H. Estratégias inovadoras da construção civil do estado do rio grande do sul, 2018.

SAKURAI, R. ZUCHI, J. D. A revoluções industriais até a industria 4.0, 2018.

SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J. Construction 4.0 Introduction and Overview. In: _____ (Ed.). Construction 4.0 An Innovation Platform for the built environment. Abingdon: Routledge, 2020. p. 3–22.

SCHREIBER, D. PINHEIRO, I. A. Análise das práticas de inovação em construção civil, 2016.

- SCHWEGLER, B. R. , FISCHER, M. A. , O'CONNELL, J. M., HÄNNINEN, R., LAITINEN, J. NearMedium- and Long-Term Benefits of Information Technology in Construction. CIFE, 2001.
- SILVA, A. D, SIMÃO,A. S, MENEZES, C. A. G. Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira, 2018.
- SILVA, M. S. T. C. Planejamento e controle de obras, 2011.
- SILVEIRA, C. B.O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. Citisystems. 2017. Disponível em:<<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 10 jun. 2021
- SOUZA, L. L. A. AMORIM, S. R. L, LYRIO, A. M. Impactos do uso do bim em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário, 2009.
- TEIXEIRA, M. A. M. F. As marcas em tempo de crise.Dissertação (Mestrado em Marketing) - Universidade Católica Portuguesa, 2015.
- VASCONCELOS, I. M. P. Inovação e desempenho na construção civil brasileira, 2018.
- Vicenti T, MACHADO D. Ambiente de inovação em empresas de software: estudo das diferenças entre empresa-mãe e seus spin offs, 2010.
- VILHENA, S. PEIXE, A. Ambiente de inovação uma análise conceitual dos elementos que caracterizam o ambiente inovador, 2021.
- YIN, S. Y. L.; TSERNG, H. P.; TSAI, M. D. A model of integrating the cycle of construction knowledge flows: Lessons learned in Taiwan. Automation in Construction, v. 17, n. 5, p. 536-549, jul. 2008.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO PERGUNTAS ENTREVISTAS USUÁRIOS DO SISTEMA AGILEAN

Análise produto AGILEAN

TÍTULO DA PESQUISA: ANÁLISE DO IMPACTO DA INOVAÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO AGILEAN

1. De 0 a 10 como você classifica a facilidade de implantação do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

2. De 0 a 10 como você avalia a redução do tempo gasto com atividades de gestão após a implantação do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

3. De 0 a 10 como você avalia o aumento da produtividade após a implantação do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

4. De 0 a 10 como você classifica a velocidade da informação recebida após a implantação do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

5. De 0 a 10 como você classifica a transparência da informação recebida após a implantação do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

6. De 0 a 10 como você classifica a aderência dos operários na utilização do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

7. De 0 a 10 como você classifica a aderência dos supervisores/gestores de obra na utilização do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]

8. De 0 a 10 como você classifica a aderência dos gestores de construtoras na utilização do AGILEAN?

Marcar apenas uma oval.

[illegible]