



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS RUSSAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**ANDERSON ALEXANDRE PAZ CARDOSO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE RELATOS DE  
INCIDENTES EM UMA INDÚSTRIA DE CIMENTO**

**RUSSAS**

**2019**

ANDERSON ALEXANDRE PAZ CARDOSO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE RELATOS DE  
INCIDENTES EM UMA INDÚSTRIA DE CIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Software  
do Campus Russas da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Dr. Dmontier Pinheiro  
Aragão Jr.

RUSSAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C26d Cardoso, Anderson Alexandre Paz.  
Desenvolvimento de um sistema para controle de relatos de incidentes em uma indústria de cimento. /  
Anderson Alexandre Paz Cardoso. – 2019.  
46 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,  
Curso de Engenharia de Software, Russas, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Dmontier Pinheiro Aragão Júnior.
1. Prototipação Evolucionária. 2. Desenvolvimento de Software. 3. Prevenção de Acidentes de Trabalho.  
4. Registro de Incidentes. 5. Indústria 4.0. I. Título.

CDD 005.1

---

ANDERSON ALEXANDRE PAZ CARDOSO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE RELATOS DE  
INCIDENTES EM UMA INDÚSTRIA DE CIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Software  
do Campus Russas da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia de Software.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Dmontier Pinheiro Aragão Jr. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Anna Beatriz dos Santos Marques  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Ms. Alex Lima Siva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, namorada e amigos por todo apoio dado a mim, A todos os professores do curso de Engenharia de Software UFC campus Russas, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, Por ter dado a mim o dom do aprendizado e iluminado meu caminho para que pudesse concluir uma das etapas mais importantes da minha vida.

Aos professores do Curso de Engenharia de Software, em especial ao meu orientador Dmontier Pinheiro Aragão Jr. por todo o tempo disponibilizado e por todas as orientações concedidas em nossas conversas, reuniões e aulas.

Ao professor Marcos Vinícius de Andrade Lima, que foi meu orientador no projeto de pesquisa científica, por todos os conselhos e orientações concedidas, para que fosse possível o resultado deste trabalho.

Aos professores Dra. Anna Beatriz dos Santos Marques e Ms. Alex Lima Siva que formaram a banca examinadora, sugerindo e ajudando quanto as correções revisões deste trabalho para que fosse possível a apresentação e obtenção do resultado final.

A Universidade Federal do Ceará, e às pessoas com quem convivi nesse espaço ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

A Companhia Industrial de Cimento Apodi e aos gestores que a compõe, pela oportunidade de estudar os dados relacionados a este trabalho.

Finalmente quero agradecer a minha namorada Laura Alcântara pelo apoio dado a mim durante este período, bem como aos meus colegas que tive o prazer de conhecer e compartilhar grandes momentos de alegria e aprendizado. Em especial aos que se tornaram verdadeiros amigos nessa caminhada.

“ Nenhuma grande descoberta foi feita jamais  
sem um palpite ousado. ”

(Isaac Newton)

## RESUMO

Este trabalho trata-se da cooperação de diferentes tecnologias da Internet em ambientes industriais, combina o desenvolvimento de *software* e o uso de Internet das coisas no novo cenário industrial chamado Indústria 4.0. Para evitar que possíveis acidentes de trabalho possam ocorrer dentro da indústria, é necessário que sejam identificados os possíveis incidentes e solucioná-los. Para isso, é apresentado o desenvolvimento de um aplicativo chamado RI Apodi, uma ferramenta desenvolvida para registrar incidentes dentro do ambiente industrial. Para que fosse possível o desenvolvimento e implantação dentro do prazo esperado, foi utilizado a prototipação evolucionária durante o desenvolvimento do aplicativo, onde a implantação deste foi realizada dentro unidade da Companhia Industrial de Cimento Apodi, localizada em Quixeré no Ceará. Nessa, havia uma necessidade de automatização dos dados para controlar os registros de incidentes, de forma a integrar as principais áreas da empresa e assim possibilitando que todos os colaboradores relatem tais eventos. O estudo apresenta uma pesquisa-ação de natureza qualiquantitativa com finalidade descritiva, demonstrando como se deu o processo de desenvolvimento e implantação do aplicativo, apresentando em seus resultados as melhorias obtidas com o uso do aplicativo RI Apodi e taxa de adesão após a implantação. Por fim, como conclusão, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um software aplicado à indústria, seguindo o modelo de prototipação evolucionária somada ao desenvolvimento ágil de software que posteriormente pode servir de modelo para trabalhos futuros na área da Engenharia de Software. O aplicativo RI Apodi pode contribuir para condições de trabalho mais seguras e na simplicidade da qualidade das informações coletadas, melhorias das condições para o registro de incidentes durante o trabalho no ambiente de uso, bem como enfatiza a responsabilidade social e ética quanto às questões de segurança dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Prototipação Evolucionária. Desenvolvimento de *Software*. Prevenção de Acidentes de Trabalho. Registro de Incidentes. Indústria 4.0.

## ABSTRACT

This work deals with the cooperation of different Internet technologies in industrial environments, combines the development of software and the use of IoT in the new industrial scenario called Industry 4.0. To prevent potential occupational accidents from occurring within the industry, it is necessary to identify potential incidents and address them. For this, we present the development of an application called RI Apodi, a tool developed to record incidents within the industrial environment. In order to be able to develop and deploy within the expected timeframe, evolutionary prototyping was used during the development of the application, where the deployment was performed within the unit of Companhia Industrial de Cimento Apodi, located in Quixeré, Ceará. In this, there was a need for data automation to control incident records to integrate key areas of the company, thus enabling all employees to report such events. The study presents a qualitative-quantitative action research with a descriptive purpose, demonstrating how the application development and deployment process took place, presenting the results obtained with the use of the RI Apodi application and adherence rate after deployment. Finally, as a conclusion, this paper presents the development of software applied to the industry following the evolutionary prototyping model added to the agile software development that can later serve as a model for future work in the field of Software Engineering. The RI Apodi app can contribute to safer working conditions and the simplicity of the quality of information collected, improved conditions for recording incidents while working in the environment of use, as well as emphasizes social and ethical responsibility for worker safety issues.

**Keywords:** Evolutionary Prototyping. Software development. Prevention of Work Accidents. Incident Reporting. Industry 4.0.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Frente do formulário manual utilizado pela empresa . . . . .	16
Figura 2 – Verso do formulário manual utilizado pela empresa . . . . .	17
Figura 3 – Paradigma da prototipação . . . . .	21
Figura 4 – Representação da pirâmide de Frank Bird . . . . .	23
Figura 5 – Processo registro de incidentes com o uso do formulário manual. . . . .	29
Figura 6 – Prototipação Evolucionária . . . . .	30
Figura 7 – Painel de controle <i>Appypie</i> . . . . .	31
Figura 8 – Plataforma de desenvolvimento <i>Appypie</i> . . . . .	31
Figura 9 – Telas do protótipo . . . . .	32
Figura 10 – Telas do aplicativo . . . . .	37
Figura 11 – Processo de registro de incidentes com o uso do aplicativo RI Apodi . . . . .	38
Figura 12 – Gráfico do número total de relatos de Incidentes em 12 meses. . . . .	41
Figura 13 – Gráfico da porcentagem total de relatos de Incidentes em 12 meses. . . . .	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número total de relatos de Incidentes em 12 meses. . . . .	40
Tabela 2 – Porcentagem do total de relatos de Incidentes em 12 meses. . . . .	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPMN *Business Process Model and Notation*

GPS *Global Positioning System*

IoT *Internet of Things*

PaaS *Platform as a Service*

PIB *Produto Interno Bruto*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Escopo do trabalho</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>18</b>
<b>1.4</b>	<b>Metodologia e organização do trabalho</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Prototipação Evolucionária de Software</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Segurança no Trabalho</b>	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Indústria 4.0</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Internet das coisas - IoT</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>Trabalhos relacionados</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Desenvolvimento do aplicativo R.I Apodi</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Comunicação e levantamento de requisitos</i>	<b>28</b>
<b>3.1.2</b>	<i>Modelagem do projeto rápido</i>	<b>29</b>
<b>3.1.3</b>	<i>Construção do protótipo</i>	<b>30</b>
<b>3.1.4</b>	<i>Entrega e refinamento do protótipo</i>	<b>31</b>
<b>3.1.5</b>	<i>Avaliação do protótipo e Iterações do modelo evolucionário</i>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Implantação do aplicativo</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise do aplicativo RI Apodi</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1</b>	<i>Funcionamento do aplicativo RI Apodi</i>	<b>36</b>
<b>4.2.2</b>	<i>Classificação dos relatos de Incidente</i>	<b>38</b>
<b>4.2.3</b>	<i>Controle do relato de incidentes</i>	<b>38</b>
<b>4.2.4</b>	<i>Melhorias do processo de abertura de relatos</i>	<b>39</b>
<b>4.2.5</b>	<i>Adesão ao uso do aplicativo RI Apodi durante a implantação.</i>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, de acordo com o Fundo Monetário Internacional (2018), é um país emergente, ou seja, encontra-se em desenvolvimento em diversos setores, dentre estes está o ramo industrial. Este ramo é responsável por 21% do *Produto Interno Bruto* (PIB) nacional e por um quinto dos empregos formais, sendo de suma importância para o cenário socioeconômico brasileiro (CNI, 2018).

Nesse contexto, segundo a CNI (2018), o ramo industrial brasileiro subdivide-se em outros setores, sendo a construção civil um dos principais, onde estão presentes as fábricas produtoras de cimento.

De acordo com o SNIC - Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (2016), o Brasil tem 100 fábricas de cimento controladas por vinte e quatro grupos industriais, distribuídas em 88 municípios, dentre estes está Quixeré, no Ceará, onde localiza-se uma das plantas fabris da Cimento Apodi, uma cimenteira que está no mercado desde 2011, e está em processo de implantação dos conceitos da indústria 4.0, com projeto de implementação chamado Apodi 4.0.

Segundo Dombrowski e Wagner (2014), a Indústria 4.0 é desencadeada por conceitos tecnológicos e soluções que buscam realizar uma combinação que maximize a eficiência produtiva e reduza os custos em face do volume produzido. Com isso, quando tais conceitos são integrados eficientemente ao setor manufatureiro podem-se observar melhorias, como o aumento da produtividade e uma comunicação interativa e proveitosa por meio de dispositivos de ponta.

Trazendo conceitos à realidade da Cimento Apodi, tem-se como um dos principais valores da empresa, a segurança, ou seja, as vidas e o bem estar físico dos colaboradores são de suma importância para a organização. Desse modo, com o objetivo de minimizar incidentes no chão de fábrica, a Cimento Apodi busca agir na prevenção destes, por meio de avaliações diárias das condições fabris de trabalho.

Tais avaliações utilizam informações adquiridas por meio de formulários impressos que são depositados em urnas localizadas na extensão fabril. Porém, ocasionalmente podem ocorrer atrasos na resposta aos incidentes relatados devido à forma como as informações são coletadas, limitando diretamente as ações de prevenção pela falta de agilidade em situações que requerem eficácia e rapidez, já que estão relacionadas à segurança do trabalho.

Segundo Garrido-Hidalgo *et al.* (2018) a *Internet of Things* (IoT), um dos pilares da quarta revolução industrial, quando aplicada a indústria e por meio da conectividade com a rede, permite uma interação entre objetos, dispositivos e colaboradores aumentando o fluxo de

informações dentro da indústria. Deste modo, pretende-se utilizar dispositivos, como *smartphones* e *tablets* com conexão à rede, para aperfeiçoar a fluência de dados e informações dentro da cimenteira.

Nesse cenário, a problemática deste estudo envolve o lento processo na obtenção de informações relacionadas aos relatos de incidentes e ocorrências no âmbito de segurança no trabalho dentro da indústria cimenteira objeto desse estudo. Nesse contexto a Cimento Apodi busca integrar à quarta revolução industrial ao seu cotidiano operacional, necessitando portanto de modificações em seus processos, aplicando a melhoria contínua à tecnologia da informação e a integração de sistemas.

Nessa conjuntura, esta pesquisa objetiva o desenvolvimento de um aplicativo, aplicando técnicas de engenharia de *software*, utilizando-se de sistemas *IOT*, em dispositivos móveis como por exemplo o *smartphone*, facilitando o fluxo de dados associados aos relatos de incidentes na planta da cimenteira. Dessa forma, a Cimento Apodi pode aperfeiçoar seu gerenciamento de incidentes de maneira ágil, e reduzir possíveis incidentes de trabalho que possam vir a ocorrer, cumprindo suas responsabilidades sociais e éticas, preservando um de seus principais valores, a segurança.

De acordo com Saliba (2011), nos dias atuais é necessário trabalhar a cultura de segurança e de zero acidentes no ambiente de trabalho, para que os profissionais possam sentir-se mais seguros para notificarem os incidentes ocorridos. O desenvolvimento de um aplicativo para o relato destes incidentes, poderá aumentar o número de notificações de incidentes e/ou eventos adversos a saúde e segurança, melhorando a qualidade dos dados e a velocidade da comunicação, além de evitar duplicação de informações, o que conseqüentemente fortalecerá a consistência dos dados.

O trabalho proposto tem como finalidade o desenvolvimento de um aplicativo para o relato de incidentes dentro de um indústria cimenteira abordando conceitos da indústria 4.0, que são a integração de sistemas e *IoT* utilizando *smartphones*. O aplicativo chamado de RI Apodi, tem a finalidade de gerenciar os dados dos relatos de incidentes da indústria Cimento Apodi, este possibilita a classificação de relatos por prioridade, reduzindo o tempo total de solução, realizando também o armazenamento dos dados e classifica-os quanto ao setor da empresa, como por exemplo os setores de saúde, segurança e meio ambiente, afim de gerar relatórios.

Realizada então a implantação do sistema, o aplicativo está disponível a todos os colaboradores e pode ser utilizado por meio de de *smartphones*. Durante o período de

implantação, os colaboradores poderão relatar incidentes por meio do formulário manual ou utilizando o aplicativo. Durante este período é incentivado o uso do último, por trazer agilidade na obtenção das informações, uma vez que há o direcionamento automático dos relatos para o respectivo setor responsável pela solução do problema.

## 1.1 Justificativa

A indústria cimenteira de modo geral está cada vez mais exigente quanto à qualidade dos *softwares* utilizados em seus negócios. Para atingir um alto nível de excelência, o desenvolvimento das aplicações deve seguir técnicas que possibilitem a produção de *softwares* ou aplicativos que permitam ajustes e correções ao longo de seu desenvolvimento e implantação, possibilitando a identificação de falhas no *software*, sendo possível realizar melhorias e adaptações principalmente quando o sistema em produção está em uso.

A técnica de prototipação no desenvolvimento de *software* é usada durante o processo de desenvolvimento evolucionário para que o desenvolvedor possa entender melhor os requisitos do cliente, reduzindo assim o risco de requisitos mal definidos (WATTANAGUL; LIMPIYAKORN, 2016). O desenvolvimento de um *software* pode ser muito complexo, e em grande parte das vezes economicamente inviável devido ao alto custo de produção e implantação.

Sendo assim, protótipos de *software* descartáveis que absorveram muito tempo e esforço poderiam ser economizados, se usado uma metodologia de desenvolvimento que utilizasse uma série de protótipos refinados e verificados a cada iteração (WATTANAGUL; LIMPIYAKORN, 2016).

Logo, à medida que os desenvolvedores do protótipo ganham conhecimento sobre os requisitos e as funcionalidades, o desenvolvimento do sistema é aprimorado (PRESSMAN, 2011). Para apoiar esse processo de prototipagem evolutiva, é útil trabalhar com um sistema de desenvolvimento que forneça suporte para o desenvolvimento rápido que é proposto neste trabalho.

Dentro da unidade fabril da Companhia Industrial de Cimento Apodi em Quixeré no Ceará, objetiva-se identificar possíveis incidentes, relatá-los e tratá-los em tempo ágil, entretanto para isso, necessita-se de uma ferramenta adequada, a qual esteja alinhada com o Apodi 4.0, projeto que busca implantar conceitos como uso de IoT e sistemas integrados da quarta revolução industrial à suas operações, objetivando a inovação garantindo agilidade e qualidade.

A Companhia Industrial de Cimento Apodi possui cinco valores principais: Segu-

rança, Meio Ambiente, Qualidade, Custos e Excelência Operacional, nesta respectiva ordem de prioridade, logo tendo como prioridade a segurança dos colaboradores da fábrica. Dessa forma, evidencia-se a necessidade em se controlar as possíveis ocorrências de incidentes na planta da fábrica, prezando pela segurança dos que nela trabalha.

As informações de incidentes são processadas mensalmente e distribuídas ao final do mês para todos os respectivos gestores de cada setor, estes são responsáveis por solucionar os problemas informados pelos funcionários com base nos formulários. Após isso, medidas de solução cabíveis para cada entrave são tomadas e depois são comunicadas aos colaboradores da fábrica para que os mesmos recebam o *feedback* do incidente relatado anteriormente.

Com base nas informações obtidas no chão de fábrica, nota-se que há uma necessidade de automatização no procedimento de relatos de incidentes, estes são realizados utilizando informações coletadas manualmente através de formulários impressos disponíveis a todos os colaboradores como pode ser visto nas Figuras 1 e 2, tais formulários são coletados através de urnas distribuídas na extensão da planta e que são controlados mensalmente através do cadastro destas informações em uma planilha.

O processo acima descrito, é realizado manualmente pelos técnicos em segurança do trabalho, portanto o aplicativo RI Apodi irá reduzir esta carga de trabalho realizando o processo de coleta de informações de maneira eficiente.

Figura 1 – Frente do formulário manual utilizado pela empresa

		Nome: ANDERSON CARDOSO		
Setor: CLÍNQUERIZAÇÃO		36449		
Data: 20/04/19	Local: PRÉDIO DE ALIMENTAÇÃO	TAG: RDL BCOL		
Hora: 19:00	Área: MOAGEM DE CRU			
RELATO DE INCIDENTE				
Descrição da Ocorrência: REFLETORES DE ILUMINAÇÃO DA CORREIA, RDL BCOL ESTÃO APAGADOS. ÁREA APRESENTA RISCO, DURANTE O PERÍODO NOTURNO.				
Ação Imediata: INSTALAR ILUMINAÇÃO PROVISÓRIA, ATÉ QUE O PROBLEMA SEJA SOLUCIONADO.				

Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

Figura 2 – Verso do formulário manual utilizado pela empresa

Sistema:				
<input checked="" type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Meio Ambiente	<input type="checkbox"/> Manutenção	<input type="checkbox"/> 5S	
Setor Competente:				
Prioridade				
<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3		
Retorno da Ação:				
LÂMPADAS QUE ESTAVAM COM DEFEITO, FORAM SUBSTITUÍDAS. ILUMINAÇÃO ESTA FUNCIONANDO NORMALMENTE.				
Data da Conclusão: 21/04/2019				
Foto Responsável:				

Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

## 1.2 Escopo do trabalho

O trabalho aborda a utilização de técnicas de desenvolvimento de *software* que ajudam no desenvolvimento ágil, mais precisamente, a prototipagem de *software*, com o intuito de mostrar na prática técnicas e ferramentas que apoiam o desenvolvimento rápido de um produto, focando na qualidade, custo e na eficiência do prazo de um projeto. O escopo do projeto aborda o modelo de processo de prototipação evolucionária e o modelo incremental baseado na prototipação de *software*. Estas técnicas foram utilizadas para o desenvolvimento de um aplicativo para o relato de incidentes dentro da Companhia Industrial de cimento Apodi, não se tratando apenas de velocidade de desenvolvimento, mas também um meio flexível de atingir o objetivo que é desenvolver um *software* utilizável, atendendo os requisitos do cliente. Este trabalho não irá abordar todas as técnicas de desenvolvimento de *software* e métodos ágeis, mas somente as técnicas supracitadas, buscando atender os seguintes requisitos:

1. Desenvolver um *software* de qualidade que satisfaça as necessidades do cliente atendendo aos requisitos.
2. Atender o prazo de desenvolvimento e implantação solicitado pelo cliente.
3. Simplificação do procedimento de abertura de relatos de incidentes.

### 1.3 Objetivos

Este trabalho teve como finalidade o desenvolvimento de um aplicativo para o relato de incidentes dentro de uma indústria cimenteira para automatizar o processo de controle e facilitar o preenchimento por parte dos colaboradores.

- Desenvolver e implantar um aplicativo para o preenchimento de relatos de incidentes.
- Classificar os relatos de incidentes de maior prioridade.
- Criar um banco de dados dos relatos de incidentes a fim de produzir relatórios.
- Obter dados sobre o uso do aplicativo após implantação.

### 1.4 Metodologia e organização do trabalho

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada à produção de *software*, com abordagem rápida que teve como objetivo à elaboração de uma aplicação confiável de rápida implementação, que possa ser empregada na indústria. Este estudo foi fundamentado em pesquisas bibliográficas seguindo estratégias de desenvolvimento de *software* e a aplicação de modelos de desenvolvimento ágeis.

Este trabalho conduz uma pesquisa-ação, de natureza quali-quantitativa cuja a finalidade descritiva, aplicando os ciclos da pesquisa-ação como planejamento, ação, observação e avaliação, foi realizado a aplicação das técnicas de desenvolvimento citadas no escopo deste trabalho quantificando os resultados com base na elaboração de um aplicativo como ferramenta informatizada para contribuir com o processo de relatos de incidentes na planta industrial da Cimento Apodi.

Assim, foi escolhido o paradigma de prototipação para o processo de desenvolvimento de *software* proposto por (PRESSMAN, 2011). A escolha do modelo de prototipação apresentou uma abordagem adequada ao tempo de desenvolvimento do projeto da aplicação e apresentação deste estudo, pois propiciou ao autor deste trabalho criar um modelo de *software* o qual foi implementado, em seguida o resultado foi apresentado, avaliado e validado pelo cliente e então implantado para o uso.

Após a apresentação desta introdução, o trabalho está organizado como apresentado a seguir. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre técnicas de desenvolvimento de *software* utilizando a prototipação evolucionária, segurança no trabalho e como estes podem ser combinados com tecnologias atuais utilizadas na indústria 4.0, bem como os trabalhos

relacionados.

A descrição do desenvolvimento do aplicativo será apresentada em seguida, no Capítulo 3, e os resultados obtidos no Capítulo 4 onde foi apresentado o aplicativo e o seu funcionamento. Por fim, a conclusão e as recomendações para trabalhos futuros no Capítulo 5.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo será apresentado a fundamentação teórica dos assuntos abordados neste trabalho, que são prototipação evolucionária de *software* (Seção 2.1), Segurança no Trabalho (Seção 2.2), Indústria 4.0 (Seção 2.3) e Internet das coisas (seção 2.4).

### 2.1 Prototipação Evolucionária de Software

A prototipação no desenvolvimento de *software* é usada como uma técnica durante o processo de desenvolvimento evolucionário para que o desenvolvedor possa entender melhor os requisitos do cliente, reduzindo assim o risco de requisitos mal definidos (WATTANAGUL; LIMPIYAKORN, 2016). O desenvolvimento de um *software* pode ser muito complexo, e em grande parte das vezes economicamente inviável. Sendo assim, protótipos de *software* descartáveis que absorveram muito tempo e esforço poderiam ser economizados, se usado uma metodologia de desenvolvimento que utilizasse uma série de protótipos refinados e verificados a cada iteração (WATTANAGUL; LIMPIYAKORN, 2016). Logo, à medida que os desenvolvedores do protótipo ganham conhecimento sobre os requisitos e as funcionalidades, o desenvolvimento do sistema é aprimorado (PRESSMAN, 2011). Para apoiar esse processo de prototipagem evolutiva, é útil trabalhar com um sistema de desenvolvimento que forneça suporte para o desenvolvimento rápido que é proposto.

O *software* evolui ao longo do tempo, assim como todos os outros sistemas complexos desenvolvidos (PRESSMAN, 2011). Após o desenvolvimento de um determinado *software*, ou até mesmo durante seu desenvolvimento, podem surgir novos requisitos devido as necessidades de mudança do negócio ou mudanças na tecnologia. Logo, seguir um planejamento em linha reta até o produto final poderá tornar o produto inadequado ao seu propósito.

Pressman (2011) completa que, produzir um protótipo com a intenção inicial de se obter uma primeira versão de um *software*, pode ser a melhor escolha de uma abordagem rápida de desenvolvimento.

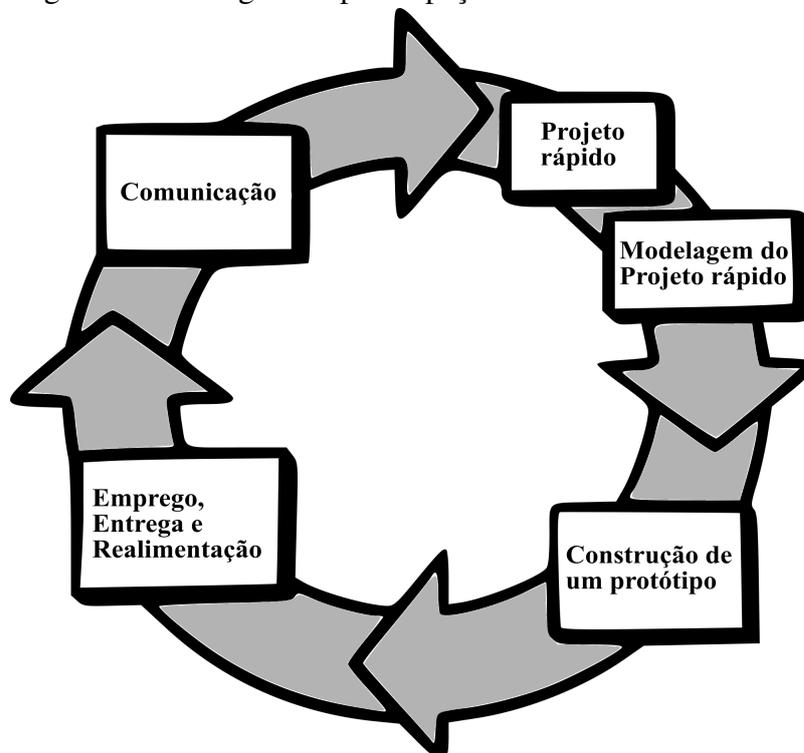
Os modelos evolucionários são iterativos, dois exemplos são a prototipação de *software* e o modelo de desenvolvimento espiral. Destes o primeiro pode ser utilizado para obter os primeiros requisitos de um *software*, afim de aprimorá-los, como também pode ser utilizado como modelo de processo isolado *Stand-alone process* onde é mais utilizada sendo uma técnica passível de ser implementada em qualquer que seja o modelo de processo de desenvolvimento

de *software* (PRESSMAN, 2011).

Pressman (2011) conclui que, o paradigma da prototipação ajuda os *stakeholders* a compreender de forma clara os requisitos de *software*. O processo de desenvolvimento de *software* possui três fases genéricas, independentemente da escolha do paradigma da engenharia de *software*, sendo elas: definição, desenvolvimento e manutenção. Estas três fases são identificadas em qualquer que seja o desenvolvimento de *software*, independente da área de aplicação, tamanho do projeto ou complexidade (PRESSMAN, 2005).

A fase de definição é composta por três etapas específicas, denominadas: planejamento, análise e definição dos requisitos e revisão. A fase de desenvolvimento concentra-se nos detalhes procedimentais e na escolha da linguagem de programação ou método utilizado para o desenvolvimento, e ao finalizar a aplicação os testes necessários serão realizados. Já a fase de manutenção aborda as mudanças, que são três: correção de erros, adaptações exigidas com o passar do tempo e melhoramento funcional, que são possíveis novas funções, assim como ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Paradigma da prototipação



Fonte: Pressman (2011).

Uma iteração de prototipação é construída na forma de um “projeto rápido”, que é uma representação dos aspectos que serão visíveis aos usuários finais e ao cliente. O projeto rápido leva à construção de um protótipo que é empregado e avaliado pelos envolvidos, que

fornecerão um retorno (*feedback*), que posteriormente irá servir de insumo para novos requisitos. A modificação ocorre conforme a evolução do protótipo e as necessidades de vários interessados, e ao mesmo tempo, possibilita a melhor compreensão das necessidades que devem ser atendidas (PRESSMAN, 2011).

## 2.2 Segurança no Trabalho

A Segurança no Trabalho pode ser definida como a ciência que, por meio de estratégias e técnicas, estuda causas, gerenciando riscos e meios de prevenção de acidentes no ambiente profissional, visando a eliminação destes e o oferecimento de melhores condições de trabalho aos colaboradores (MAIA *et al.*, 2016).

O acidente de trabalho é caracterizado quando ocorre um evento ao qual este não foi programado, de forma inesperada e que interrompe a atividade profissional. O incidente, por sua vez, é considerado como uma ocorrência ou evento não planejado e que poderia levar a um acidente de trabalho. Este último também pode ser chamado de “quase acidente”, já que a ocorrência não gerou de fato um acidente, ou conclusão da situação, portanto o dano é menor (Ministério do Trabalho e Emprego, 2009).

No Brasil, há legislações que preveem como a Segurança no Trabalho deve ser praticada nas organizações. Esses conjuntos de leis compõem a Norma Regulamentadora nº4 (NR-4), regulamentada pelo (Ministério do Trabalho e Emprego, 2009). Essas legislações objetivam proteger o colaborador e regulamentam o monitoramento de riscos e a prevenção de incidentes para melhores condições de trabalho.

Segundo SPREV (2017), foram registrados 549.405 acidentes de trabalho em todo o Brasil no ano de 2017, Dentre estes, 2.096 trabalhadores morreram em serviço, Assim adotar estratégias para diminuir estes incidentes é essencial para que estes números possam diminuir. Ao adotar-se estratégias com o apoio das legislações que tratam de Segurança no Trabalho, desenvolvem-se métodos e ferramentas que auxiliam na manutenção da saúde e do bem-estar de um colaborador dentro da realidade de determinada empresa de modo que, com o auxílio tecnológico e a automação para integrar informações a diversos sistemas, a Indústria 4.0 muito tem a contribuir para essa área que se torne cada vez mais importante dentro do cenário Industrial.

Uma dessas estratégias supracitadas é a pirâmide de Bird, Yamakami (2013) afirma que a Pirâmide de Bird foi idealizada pelo engenheiro Frank Bird, nos Estados Unidos, na década de 60, este atuava como gestor dos programas de segurança e saúde, desenvolvendo

estudos relacionados à sua área.

Ainda de acordo com Yamakami (2013), primeiramente Bird analisou cerca de 90 mil acidentes de trabalho, assim, nessa pesquisa ele desenvolveu a primeira proporção chamada 1:100:500, que evidenciava que para cada acidente que envolvia 1 lesão séria, havia 100 acidentes com lesões leves e 500 sem lesões porém com danos materiais, ou seja, que envolviam perdas de patrimônio ou meio ambiente.

Posteriormente, dando continuidade aos seus estudos, Bird realizou uma maior análise onde considerou cerca de 1,7 milhões de acidentes de trabalho em 297 empresas, onde elaborou uma nova proporção para os seus resultados, esta foi de 1:10:30:600, demonstrando que a cada 1 lesão séria haveria 10 lesões menores e 300 acidentes sem lesões, mas com perdas materiais e 600 incidentes ou quase acidentes (SALIBA, 2011). Como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Representação da pirâmide de Frank Bird



Fonte: Adaptada de Bird e Germain (1966)

Desses dados, entende-se que o melhor modo de reduzir a ocorrência de acidentes no ambiente de trabalho é tomar medidas preventivas para os eventos mais recorrentes visando a eliminação de perdas sérias. Além disso, os estudos de Bird, incentivam as empresas a investigarem dentro de suas particularidades, quais as causas dos acidentes de trabalho nestas, para então efetuar medidas para controlar os danos, prevenir os colaboradores dos riscos no trabalho e evitar as perdas patrimoniais e ambientais.

Nesse contexto, pode-se ter uma visão de como a quarta revolução industrial, e a tecnologia nela implícita, pode contribuir com o alinhamento de informações entre os trabalhadores e a empresa, de modo que e possíveis riscos a que são expostos diariamente possam ser identificados e solucionados. Com o uso de ferramentas apoiadas pela tecnologia utilizada na

Indústria 4.0 pode-se obter um monitoramento mais eficaz das atividades, em tempo real, além de assegurar uma comunicação melhor entre os funcionários.

### 2.3 Indústria 4.0

A Revolução Industrial teve grande importância para o âmbito social atual e principalmente para o surgimento da revolução tecnológica vivida até os dias atuais (CAVALCANTE; SILVA, 2011). Nesse contexto, o início da primeira revolução industrial é datado na metade do século XVIII, na Inglaterra e teve como um de seus principais acontecimentos a invenção da máquina a vapor e sua aplicação no setor têxtil. Assim, a mudança na forma de se produzir desencadeou uma série de acontecimentos que trouxeram mudanças econômicas e sociais.

Com o passar dos anos, o cenário industrial expandiu-se para outros países no mundo e ao chegar na segunda metade do século XIX, com o aprimoramento técnico e científico, inicia-se a segunda revolução industrial (CAVALCANTE; SILVA, 2011). Nesse período, o carvão e o petróleo passam a ser utilizados como combustíveis, passaram-se a utilizar linhas de produção nas indústrias, a população urbana passa a ser maior que a rural por causa das oportunidades de emprego nas indústrias e surgiram produtos como rádios, televisores, refrigeradores e automóveis.

Após essa época de grandes avanços, na década de 1940, tem início a terceira revolução industrial, essa tem como marco o uso crescente de recursos da informática nos processos de produção industrial. Dessa forma, começa-se a utilizar a tecnologia para aumentar a produtividade industrial com a globalização e a comunicação facilitada, a industrialização começa a focar no quesito eficiência (CAVALCANTE; SILVA, 2011). Além disso, produtos como *tablets*, celulares, *Global Positioning System* (GPS), televisores e computadores pessoais começam a ser comercializados.

Com o avanço das inovações tecnológicas, acompanhou-se as mudanças radicais ao longo das décadas, ocorrendo desdobramentos nos âmbitos sociais, políticos e econômicos, este conjunto de inovações e evoluções é denominado como uma revolução industrial (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

Em vez de um único produto oferecido por empresas distintas, surgem serviços inovadores, criados por organizações que se complementam e trazem experiências totalmente diferentes aos seus consumidores. A convergência de setores deixou de ser uma tendência e já faz empresas reverem seus conceitos mais básicos para sobreviverem em novos tempos (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

Segundo Schwab (2016) o conceito de Indústria 4.0 ou quarta revolução industrial surgiu no início do século XXI, por volta dos anos 2000, com o conceito inicial chamado de revolução digital, onde é caracterizada por uma internet mais móvel e global, por sensores menores e mais poderosos levando a informação de forma mais rápida ao destino final.

Nesse contexto, surgiram estudos com o intuito de tornar as operações industriais no chão de fábrica mais interativas e seguras, monitorando e controlando possíveis incidentes que possam ocorrer. O serviço de valor acrescentado em empresas com troca automática de dados representa as características de uma indústria que aplica a tecnologia da quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016).

## 2.4 Internet das coisas - IoT

Segundo Ashton (2016), a definição para expressão “Internet das coisas” IoT *Internet of Things* criada pelo mesmo, é uma proposta de desenvolvimento da Internet em que os objetos cotidianos têm conectividade com a rede, permitindo que estes enviem e recebam dados. Desse modo, ao integrar tais objetos ao âmbito fabril, pode-se obter um acompanhamento eficiente da produtividade industrial, visto que estes dados podem indicar, em tempo real, os “gargalos” de produção. Além disso, a conectividade com a rede possibilita, uma comunicação melhor entre os setores fabris e facilita a automação no controle de operações, o que possibilita um melhor alinhamento entre *inputs*, processos de transformação e *outputs*.

Segundo Condry e Nelson (2016) descreve que a IoT oferece ao usuário interoperabilidade e conectividade contínuas entre dispositivos, sistemas, serviços, redes diferentes e, em particular, sistemas de controle, onde os usuários finais esperam se conectar de forma rápida e transparente, através de qualquer dispositivo *endpoint*, seja telefone, *tablet*, *wearable*, TV, carro ou outro sistema com acesso à Internet. Os dispositivos *Smart IoT* podem servir como interface de sistema de controle versáteis, permitindo uma resposta rápida e acesso potencialmente onipresente, como por exemplo o *smartphone* utilizado para o registro de relatos de Incidentes.

## 2.5 Trabalhos relacionados

O estudo realizado por Ceretta *et al.* (2004) sobre o desenvolvimento de um *software*, sistema de segurança do trabalho apoiado na tecnologia da informação, trata de uma investigação que é do tipo estudo de caso, realizado na empresa Cimento Rio Branco S.A. no Paraná. Através

dos resultados obtidos, verificou-se que os responsáveis pela segurança do trabalho pretendiam organizar o controle dos relatos de incidentes de forma a integrar as principais áreas da empresa. O estudo concluiu que este sistema trouxe quanto às vantagens para a empresa, benefícios como: redução da burocracia, redução de custos com a segurança do trabalho, melhorias das condições de trabalho obtidas com a solução dos problemas informados pelo relato, *feedback* em tempo real dos relatos de incidentes da empresa, além do aumento da motivação no trabalho de forma positiva o colaborador engajado com a responsabilidade social e ética e quanto às questões de segurança dos trabalhadores.

Hoffmann (2016) traz um estudo de desenvolvimento de um *software* para relatos de incidentes na área da saúde. Tal estudo utilizou protótipos para a abertura do processo de notificação de eventos e/ou incidentes. Assim, de início foi realizado um estudo metodológico, de produção tecnológica com abordagem qualitativa, cujo cenário foi um hospital geral público, situado na região Sul do Brasil. A coleta de dados foi realizada e detectou “Barreiras enfrentadas pelos enfermeiros para utilizar a ficha de notificação” ferramenta manual. As barreiras enfrentadas pelos enfermeiros para utilizar a ficha de notificação eram inúmeras, requeriam conhecimento do tema e envolvimento dos profissionais. Conforme o estudo foi construído uma ferramenta *software* protótipo que ocorreu em três etapas. A primeira etapa foi o levantamento de requisitos para o *software*, a segunda etapa foi a reestruturação da ficha de notificação, a terceira etapa foi a de prototipação. Esta última etapa foi dividida em três fases: requisitos, desenvolvimento e manutenção.

Conforme o estudo Hoffmann (2016), ficou evidenciado a necessidade da instituição de se utilizar uma ferramenta informatizada de maneira simples e prática, foi o primeiro passo para estimular os profissionais de saúde a notificarem incidentes e/ou eventos adversos no hospital. Hoffmann (2016) também relata que, o desenvolvimento do *software* protótipo aumentou o número de notificações de incidentes e/ou eventos adversos em saúde, melhorando a qualidade dos dados, a velocidade da comunicação além de evitar duplicação de informações, o que consequentemente fortalece a segurança do paciente.

Quando se fala em tecnologia atual, pode-se destacar o estudo e aplicação tecnológica em uma indústria 4.0 e correlacionar o uso desta tecnologia a segurança do trabalho, como por exemplo, o estudo apresentado por Garrido-Hidalgo *et al.* (2018) que mostra que a indústria 4.0 detém uma oportunidade única de criação de valor para a área industrial de forma sustentável nas três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. Este estudo apresenta um

conceito de indústria inteligente verde, chamado de *GreenISF*, onde foi implementada uma rede de malha colaborativa, baseada em tecnologias *bluetooth* de baixa energia, chamada pelo autor de *LoRaWAN*, tornando a colaboração homem-máquina possível para uma fábrica socialmente sustentável, o estudo utiliza um protótipo de pulseira inteligente, nomeada *OperaBLE*, que monitora atividades trabalhistas dos colaboradores, impedindo que estes trabalhem em locais prejudiciais ou se exponham a algum tipo de risco desnecessário evitando, desse modo, lesões físicas ao colaborador ou perdas patrimoniais e ambientais.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Neste Capítulo será apresentado como foi o processo de desenvolvimento do aplicativo RI Apodi (Seção 3.1), como se deu a comunicação e levantamento de requisitos para o aplicativo (Seção 3.1.1), como foi construído o projeto rápido e sua modelagem (Seção 3.1.2) mostrando as ferramentas utilizadas, e por fim a entrega e refinamento do protótipo bem como as iterações do método evolucionário (Seções 3.1.4 e ??).

#### 3.1 Desenvolvimento do aplicativo R.I Apodi

Este processo de desenvolvimento de software é um conjunto de atividades, tarefas e ações realizadas para a criação deste produto aqui apresentado.

No contexto Engenharia de *software* o processo de desenvolvimento é uma abordagem adaptável, que permite mudanças e ajustes sejam feitas pelos desenvolvedores (PRESSMAN, 2011). Durante o processo de desenvolvimento da aplicação foi necessária a comunicação com todas as partes interessadas, *Stakeholders*, para que possibilitasse escolher o conjunto apropriado de ações e tarefas, com o intuito de cumprir os prazos e com qualidade atender os requisitos necessários para o funcionamento da aplicação.

A metodologia de processo utilizada foi a prototipação, ela estabelece o alicerce do uso de conceitos da engenharia de *software* durante o desenvolvimento da aplicação, Por meio da identificação de um pequeno número de atividades (PRESSMAN, 2011). A metodologia de processo aqui aplicada compreende quatro atividades adaptadas ao processo de prototipação que são: Comunicação e levantamento de requisitos, Modelagem do projeto rápido, construção do protótipo, Entrega e refinamento do protótipo, como apresentado na Figura 3.

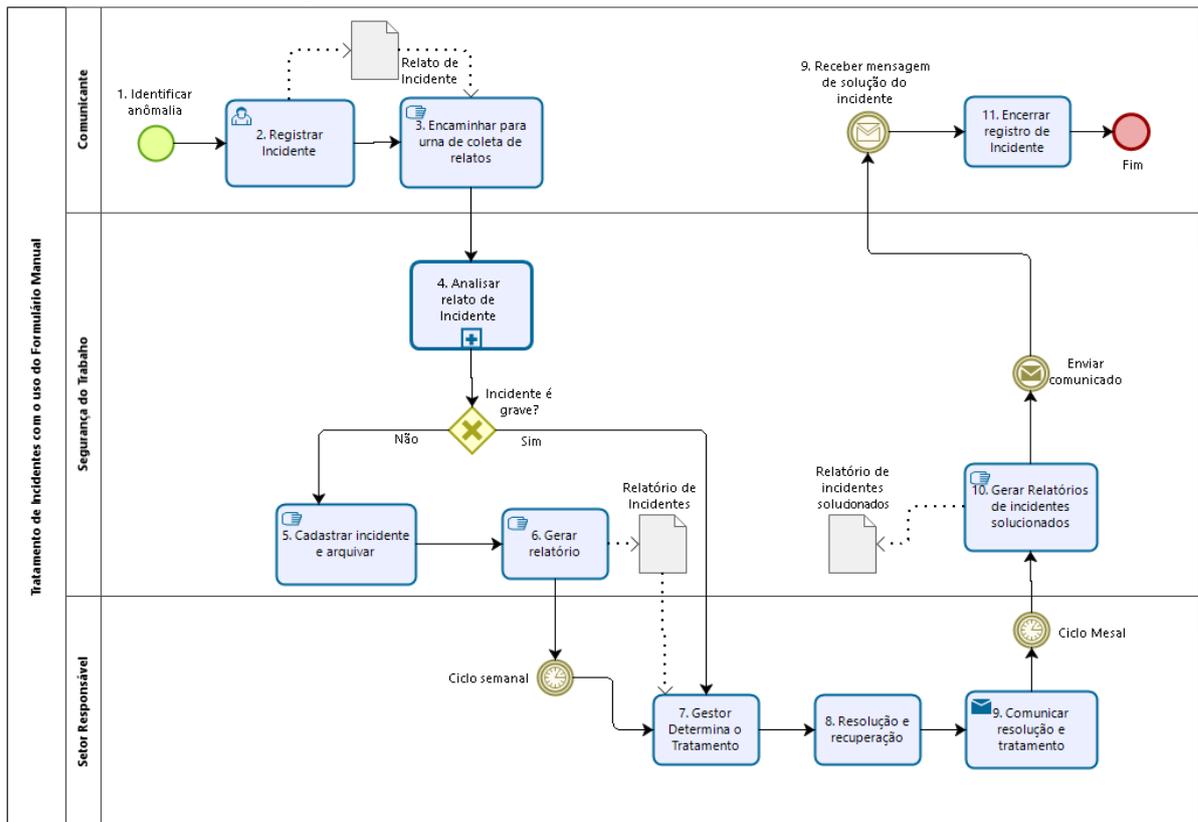
##### 3.1.1 Comunicação e levantamento de requisitos

A prototipação é um processo que capacita o desenvolvedor a criar um modelo de *software* que será implementado (PRESSMAN, 2005). Com isso, a prototipação iniciou-se com a coleta de requisitos por meio da comunicação com o cliente e outros interessados *stakeholders*, bem como a compreensão de requisitos funcionais contidos no formulário manual, figura 1 e figura 2. Assim, os *stakeholders* reuniram-se para a realização de um *brainstorm* junto ao cliente para pontuar e definir os objetivos globais para o *software*, compreendendo os objetivos das partes interessadas para com o projeto. A partir disso, foram definidas as exigências conhecidas e

esboçadas no documento de requisitos para então realizar a elaboração da modelagem do projeto rápido, que ajudou a definir possíveis funções e características do *software*.

Após a comunicação com os *stakeholders* foi realizado o levantamento de requisitos e elaborado um diagrama do processo de tratamento e respostas aos relatos de incidentes dentro da Cimento Apodi, retratado em um diagrama *Business Process Model and Notation* (BPMN) como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Processo registro de incidentes com o uso do formulário manual.



Fonte: Elaborada pelo autor.

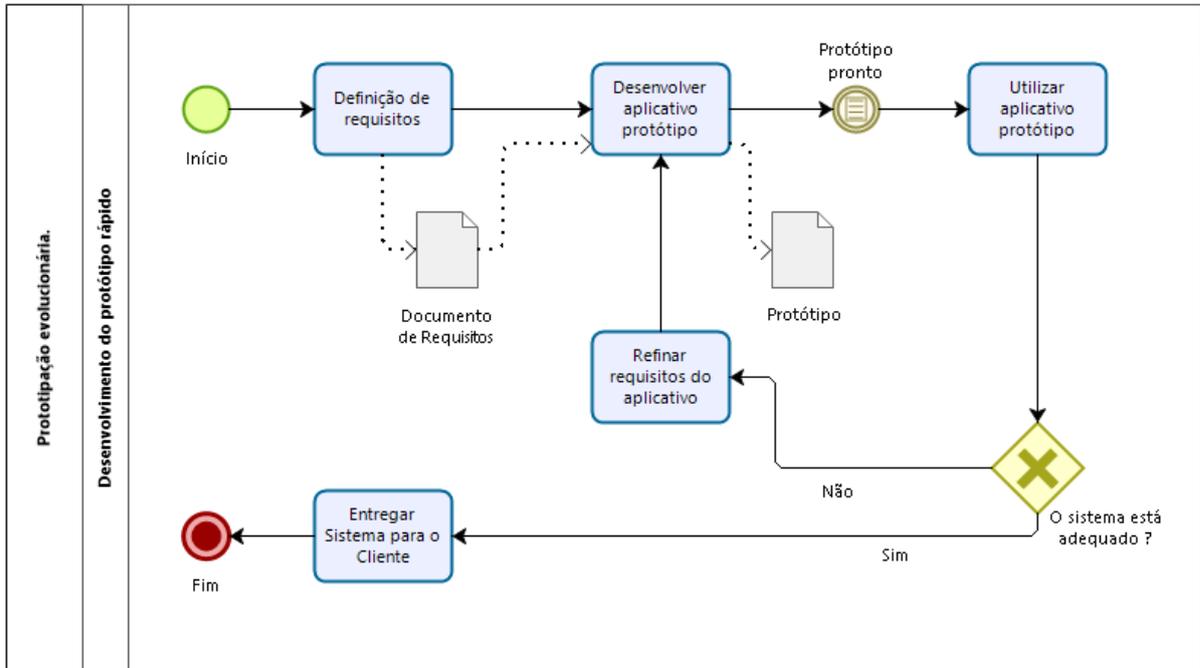
### 3.1.2 Modelagem do projeto rápido

O projeto rápido concentrou-se na representação de aspectos do *software* que serão visíveis ao usuário, como por exemplo requisitos funcionais, logo este levou ao planejamento para guiar os desenvolvedores à construção de um protótipo de alta fidelidade com representações semelhantes ao produto final, o qual foi construído por meio do uso de informações e requisitos contidos nos formulários manuais como mostrado na figura 1 e figura 2.

As informações citadas acima foram utilizadas para refinar os requisitos para o protótipo desenvolvido, bem como os recursos necessários à finalização, elaboração do cronograma

de trabalho, abordagens de entrada e formatos de saída, como mostra o diagrama apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Prototipação Evolucionária



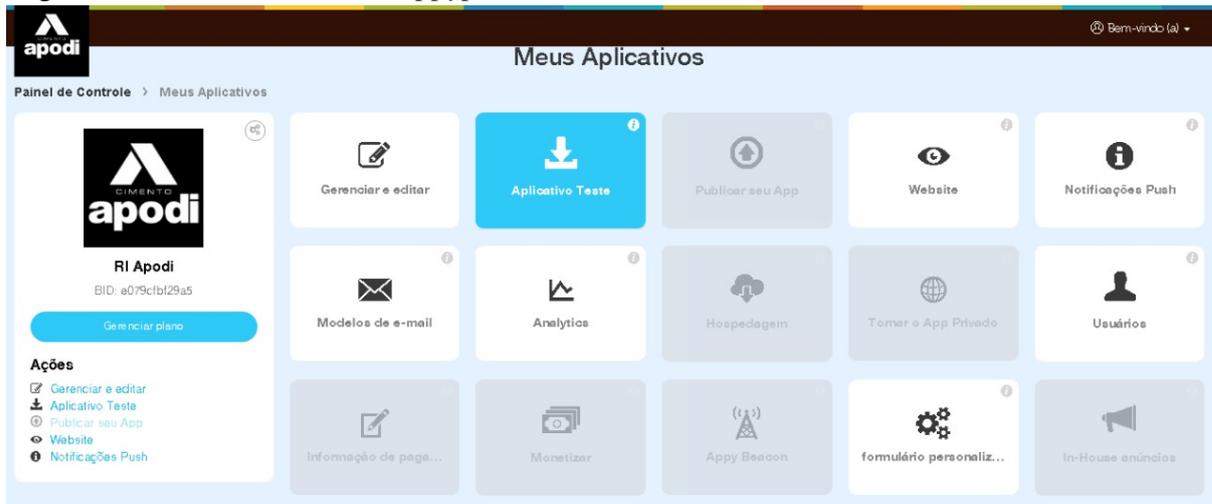
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.1.3 Construção do protótipo

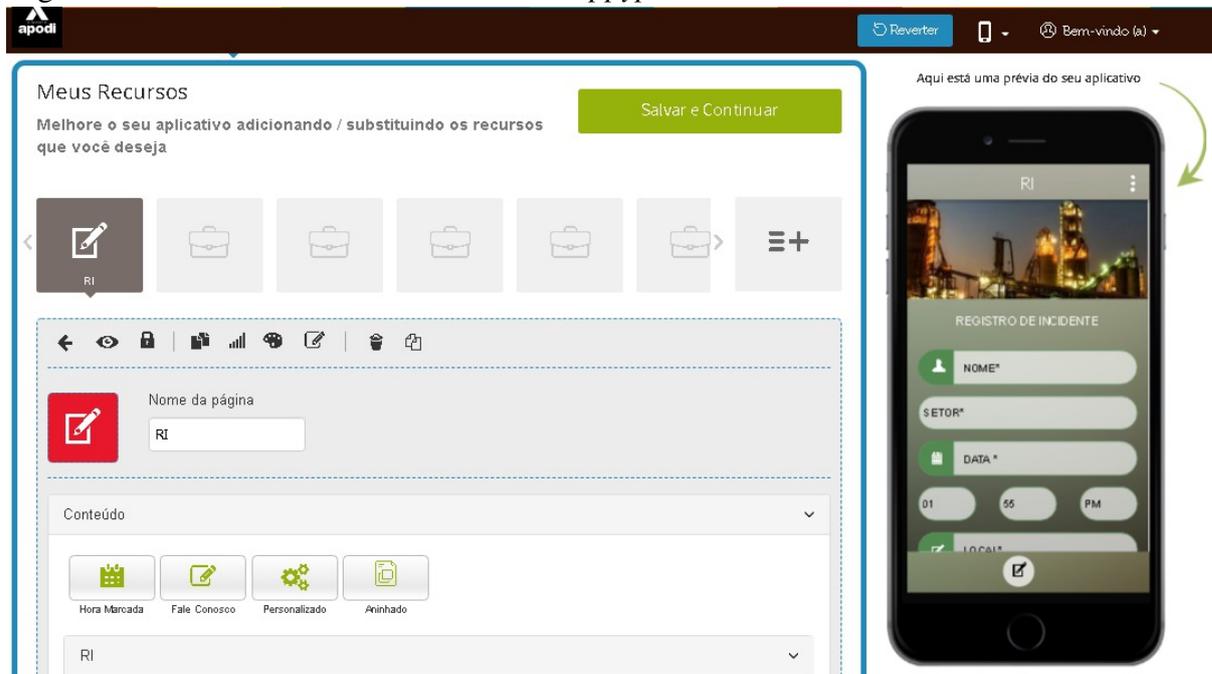
Visando o desenvolvimento rápido de um protótipo para o teste da aplicação com os *stakeholders* e cliente, foi utilizado uma ferramenta de desenvolvimento rápido *Platform as a Service* (PaaS) de aplicativos para dispositivos móveis, chamada de *AppyPie*, esta desenvolve para as plataformas *Android*, *iOS*, *Fire OS*, e *Windows Phone* e utiliza recursos para o desenvolvimento de aplicativos com base na inserção dos requisitos necessários para o funcionamento do aplicativo.

Seguindo a metodologia de prototipação conforme relata Pressman (2005), foi criado um protótipo de alta fidelidade para teste com os usuários tornando possível observar as necessidades do clientes e usuários, com base nas informações do *feedback* dos usuários foram coletados novos requisitos de *software* para uma nova iteração.

As Figuras 7 e 8 apresentam os recursos visuais de componentes que a ferramenta *AppyPie* dispõe para o desenvolvimento do aplicativo combinando recursos de *design* com funções de arrasta e solta.

Figura 7 – Painel de controle *Appypie*

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 – Plataforma de desenvolvimento *Appypie*

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.1.4 Entrega e refinamento do protótipo

Após a construção do protótipo de alta fidelidade, ocorreu então uma iteração do processo, logo foi realizada uma análise do protótipo conforme citado na subseção 3.1.5, para satisfazer as necessidades do cliente, capacitando ao mesmo tempo os envolvidos para compreender melhor aquilo que precisava ser feito.

O protótipo de alta fidelidade supracitado (figura 9), foi útil para avaliações detalhadas dos principais elementos do design como conteúdo, aspectos visuais, interatividade,

funcionalidades e mídia, bem como a avaliação de usabilidade feita pelos usuários. Contudo, foram realizados testes de usabilidade com os usuários, para que as correções necessárias fossem feitas e a aplicação final disponibilizada aos usuários finais.

Figura 9 – Telas do protótipo

(a) Tela inicial do protótipo

(b) Continuação tela inicial

Após a finalização do protótipo de alta fidelidade foi observado uma semelhança com o aplicativo final devido a utilização da ferramenta de desenvolvimento rápido *AppyPie*, que oferece componentes de interface com aparência e comportamento similar ao projeto final desenvolvido.

### 3.1.5 Avaliação do protótipo e Iterações do modelo evolucionário

A avaliação do protótipo realizada pelos usuários ocorreu da seguinte maneira: planejamento, execução, resultados dos testes de usabilidade. Avaliar um produto de software significa revisar, experimentar ou testar um modelo de design para um software, um produto

ou serviço e assim podendo identificar se software possui critérios que considerem aprendível, efetivo e adaptável (BENYON, 2011).

Durante a elaboração de sistemas interativos como este aqui apresentado, é normal que surjam problemas durante o levantamento de requisitos, interpretação de requisitos, no processamento ou no compartilhamento de informações entre os *stakeholders* do projeto. Portanto, além de seguir padrões de design e desenvolvimento, diretrizes, modelos de processos e criação focados na qualidade, também é útil utilizar métodos de avaliação para analisar se o produto de software, realmente atende aos requisitos de qualidade desejados pelo cliente e usuário final (BARBOSA S. D. J.; SILVA, 2010).

O processo de avaliação do protótipo considerou tanto o ponto de vista do usuário quanto o do desenvolvedor, a avaliação concentrou-se em verificar se o sistema funcionava atendendo os requisitos identificados durante a comunicação e levantamento de requisitos e informações, o objetivo foi observar se o sistema recebe os dados de entrada da aplicação, se processa e fornece os dados de saída conforme era esperado, ou seja, observar se o sistema atende os usuários na comunicação de incidentes, objetivo ao qual foi desenvolvido.

A avaliação das interfaces do sistema ocorreram seguindo os métodos de investigação, observação e inspeção, pois segundo ROCHA H. V. da; BARANAUSKAS (2003) estes métodos apresentam os melhores resultados práticos. Assim, foi definido um ambiente para a realização da avaliação, onde um protótipo beta foi instalado em 5 *smartphones*, para que os usuários dos mesmos pudessem utilizar o aplicativo RI Apodi e dar os seus *feedbacks* críticos à interface avaliando os seguintes fatores: usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade e comunicação, ou seja critérios que representam o uso do sistema.

A etapa de inspeção de software foi executada da seguinte maneira. O analista utilizou o método de observação do uso do aplicativo em sala no contexto real de uso. O avaliador por meio da observação coletou as informações identificando as dificuldades de uso bem como possíveis problemas. Por fim, o avaliador utilizou o sistema com o intuito de se colocar no lugar de um usuário de determinados perfis, para tentar identificar as possíveis falhas ou problemas relacionados ao uso experiências de uso e detalhando essas informações para possíveis correções na iteração seguinte do processo de desenvolvimento.

Na segunda iteração do protótipo foram adicionados novos requisitos, e outros requisitos modificados, estes requisitos estão detalhados no documento de requisitos e identificados quanto ao versionamento do protótipo. A versão final para uso é apresentada nos resultados deste

documento como mostra o Capítulo 4.

O principal objetivo da técnica de prototipação evolucionária é adicionar ou modificar funcionalidades, com a finalidade de apresentá-las como parte do sistema ao usuário final e assim obter novamente o *feedback*. O sistema vai crescendo à medida que novas funcionalidades são inseridas, assim quando pronto o sistema, o resultando obtido é um protótipo similar ao produto esperado (COUTINHO, 2006).

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos seguiram os passos do processo modelado no Capítulo 3 para aplicação das técnicas de desenvolvimento ágil e prototipação bem como o desenvolvimento da aplicação. Assim, o processo seguiu de forma sistemática, garantindo que o desenvolvimento do aplicativo fosse realizado conforme os objetivos apresentados na Seção 1.3 deste documento.

### 4.1 Implantação do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido conforme mostra a Figura 10, o mesmo dispõe de requisitos funcionais e apresenta um conjunto de telas simples que atende as expectativas dos usuários. O protótipo criado também adiciona melhorias que antes não eram possíveis como uso do formulário manual, alguns exemplos são: possibilidade de anexar fotos e/ou vídeos ao relato, possibilidade de gerar um formulário em formato de planilha a partir da consulta do banco de dados gerado pelo aplicativo, no período em que o administrador desejar, além do envio automático de *e-mail* para os interessados sendo notificados automaticamente no momento do envio do relato.

A implantação foi realizada e a instalação do *software* no ambiente dos usuários que são os *smartphones* foi concluída. Para os mantenedores da ferramenta foi apresentado a plataforma *Appypie* onde é possível gerar relatórios e fazer alterações necessários no *software* caso seja necessário. Estes passaram por um breve treinamento com duração de duas horas, para que pudessem aprender a operar a ferramenta, treinamento simples já que a ferramenta é de fácil entendimento. Para os usuários foi apresentado o aplicativo e feito o acompanhamento dia a dia até que todos eles pudessem utilizar a ferramenta de forma correta e adequada sem dificuldades. A migração de dados anteriores para este *software* não foi necessária, pois antes utilizava-se somente a ferramenta de comunicação manual que é o formulário apresentado na figura 1 e figura 2.

O novo método de comunicação de relato de incidentes através do aplicativo RI Apodi, inicialmente não substitui totalmente o formulário manual Figura 1 e Figura 2, pois a instalação do *software* no *smartphone* pessoal é opcional, e a empresa não disponibiliza um *smartphone* para cada funcionário da unidade apenas para esta finalidade, pois se tornaria algo inviável para a implantação do aplicativo. Há também casos em que o funcionário não possui *smartphone*, e como cada relato de incidente é importante, estes funcionários continuam

registrando seus incidentes através do formulário.

O aplicativo RI Apodi Funciona nas plataformas *IOS* e *Android* e para ser instalado basta acessar a URL que será enviada para o *smartphone* pelo número do telefone do usuário, ou fazer a leitura do *QR Code*, após o acesso ao link é só baixar e instalar no *smartphone*.

## **4.2 Análise do aplicativo RI Apodi**

Nas subseções abaixo será apresentado como funciona o aplicativo RI Apodi (Seção 4.2.1), como é feita a classificação e controle dos relatos de incidentes (Seção 4.2.2 e Seção 4.2.3), bem como o aplicativo é mantido e as melhorias deste no processo de registro de incidentes (Seção 4.2.4).

### **4.2.1 Funcionamento do aplicativo RI Apodi**

Ao abrir o aplicativo o usuário obtém primeiramente a tela de login, onde o mesmo preenche os campos de *E-mail* e senha para o acesso ao aplicativo. Caso o usuário não possua cadastro, este poderá ser solicitado a partir da opção "Solicitar inscrição", onde o mantenedor do aplicativo aprovará a sua inscrição, pois como o aplicativo é utilizado na unidade, só serão inscritos para a comunicação de relatos os funcionários desta.

Após o login realizado, o usuário entra na tela da comunicação de relato de Incidentes, onde irá realizar o registro do incidente identificado. Esta tela dispõe de campos que permitem selecionar data, hora, local, área, setor e tag do equipamento. Dispõe também de campos que devem ser preenchidos que são Descrição da ocorrência, e Ação imediata tomada. Feito isso o usuário deverá selecionar o campo da caixa de diálogo que corresponde ao tipo de sistema, seja segurança, meio ambiente, manutenção ou 5S, sendo os dois primeiro os que geram maior número de ocorrências. Logo após deverá marcar na caixa de diálogo a prioridade deste incidente, sendo 1 alta, 2 média, 3 baixa, o nível de prioridade do incidente. Caso o incidente tenha sido solucionado de imediato pelo usuário, este poderá selecionar a opção "sim" para RI resolvida. Por ultimo, poderá enviar uma foto se possível e anexa-la ao registro de incidentes e em seguida finalizar a o relato clicando na opção "enviar".

Quando finalizado o registro de incidente, todos os relatos são enviados automaticamente para o setor responsável para que possa ser solucionado. Os relatos gerados podem ser consultados pelo mantenedor e pela equipe de segurança do trabalho da empresa, que ge-

Figura 10 – Telas do aplicativo  
(a) Tela inicial do aplicativo

Logo do apodi (CIMENTO).

Cadastre-se

Formulário de login com campos para Email\* e Senha\*.

Botão ENTRAR em verde.

Links: Esqueci a senha, Não tem uma conta ainda? Solicitar Inscrição.

(c) Tela de preenchimento

Header: RI

Menu lateral: Notificações, Pesquisar, Perfil, Limpar o Cache, Sair.

REGISTRO DE INCIDENTE

Nome do usuário: Anderson Cardoso

Campos de formulário: SETOR \*, DATA \*, HORA \*, LOCAL \*, TAG, ÁREA \*, DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA \*

(b) Tela de perfil do usuário

Header: Perfil

Nota: Nº de Telefone não pode ser ficar em branco

Avatar do usuário

Informações de perfil: Anderson Cardoso, anderson.cardoso@cimentoapodi.com.br, 88996478617, 75403DE1-8AD7-4C7F-B8FD-A54D474EDB7

Botão: Por favor, insira sua senha

Seção: Redefinir Senha

Formulário: Senha\*

(d) Continuação tela de preenchimento

Header: RI

Campos de formulário: DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA \*, AÇÃO IMEDIATA \*

SEÇÃO: SISTEMA

Opções: SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE, MANUTENÇÃO, 5S

SEÇÃO: SETOR COMPETENTE

SEÇÃO: PRIORIDADE

Opções: 1 (ALTA), 2 (MÉDIA), 3 (BAIXA)

SEÇÃO: RI RESOLVIDA?

Opções: SIM, NÃO

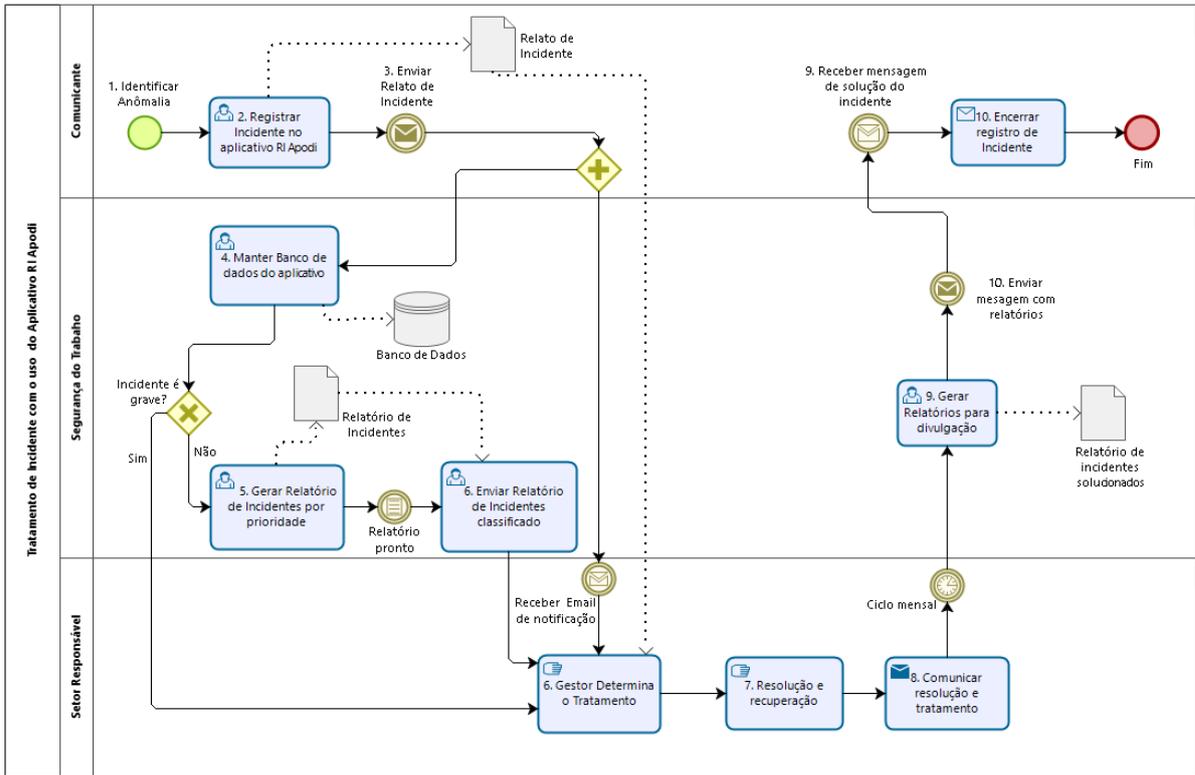
Botão: Enviar Foto

Botão: Enviar

Fonte: Elaborada pelo autor.

ram relatórios e os enviam mensalmente para todos os funcionários, apresentando os relatos registrados por cada colaborador, os solucionados e os pendentes para que todos possam tomar conhecimento do status de cada relato. Todo esse processo, pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Processo de registro de incidentes com o uso do aplicativo RI Apodi



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.2 Classificação dos relatos de Incidente

Os incidentes Classificados como alta prioridade entram na frente da fila, para que a ação de tratamento e solução possa ser tomada o mais breve possível, e inibir qualquer que seja o risco informado pelo colaborador. Relatos de prioridade média são analisados para que seja adotada uma posição de prioridade de solução. Os demais relatos vão sendo solucionados durante o mês vigente pelos responsáveis das áreas em que o relato foi identificado, Estes responsáveis tem o prazo de até um mês para apresentar o retorno do problema com uma solução já tomada.

#### 4.2.3 Controle do relato de incidentes

Através da ferramenta *Appypie* é possível gerar gráficos e relatórios da quantidade de usuários que utilizam o aplicativo e qual tipo de sistema operacional utilizado. Também

é possível gerar relatórios por usuário e período. Através desses relatórios o mantenedor do aplicativo poderá obter informações que antes do uso do aplicativo não era possível, facilitando o controle de informações sobre os registros de incidentes.

#### **4.2.4 Melhorias do processo de abertura de relatos**

Tendo em vista a importância do aplicativo implementado, para a área de segurança do trabalho dentro da Cimento Apodi incorporado ao projeto Apodi 4.0, nesta subseção, será apresentado as melhorias obtidas no processo de abertura de relatos de incidentes após a implantação do aplicativo.

A implantação do aplicativo adicionou melhorias que antes não eram possíveis como uso do formulário manual. Uma das melhorias identificadas é a possibilidade de anexar fotos e/ou vídeos a abertura do relato, adicionando detalhes que só são possíveis com o uso de um dispositivo móvel. Outra melhoria é a possibilidade de gerar um formulário em formato de planilha a partir da coleta do banco de dados gerado pelo aplicativo, no período em que o administrador desejar. Além disso o envio automático de *e-mail* para os gestores responsáveis pelas áreas em que o relato foi gerado, sendo notificados automaticamente no momento do envio do relato.

Ao preencher o relato utilizado o aplicativo, obtemos uma melhor qualidade dos dados, pois estes estão mais coesos e estruturados, evitando a duplicação de informações, o que consequentemente fortalecerá a consistência dos dados. O aplicativo classifica automaticamente os relatos por prioridade, garantindo que o relato mais crítico tenha prioridade, reduzindo assim tempo total de solução, como também o armazena os dados e classifica-os quanto ao setor da empresa, como por exemplo os setores de saúde, segurança e meio ambiente, afim de gerar relatórios mais detalhados.

Contudo, haverá uma redução de retrabalho, ou seja não será necessário cadastrar as informações manualmente em planilhas, e a informação fluirá pelos diversos setores da empresa sem que haja manipulação e a alteração dos dados. Dessa forma, a Cimento Apodi pode aperfeiçoar seu gerenciamento de incidentes de maneira ágil, e reduzir possíveis incidentes de trabalho que possam vir a ocorrer, cumprindo suas responsabilidades sociais e éticas, preservando um de seus principais valores, a segurança.

Tabela 1 – Número total de relatos de Incidentes em 12 meses.

Meses	Total de RI's registrados no mês	Número de RI's registrados com o uso do RI Apodi	Número de RI's registrados com o uso do formulário manual
Agosto 2018	685	160	525
Setembro 2018	649	185	464
Outubro 2018	615	210	405
Novembro 2018	695	189	506
Dezembro 2018	501	241	260
Janeiro 2019	610	210	400
fevereiro 2019	575	225	350
Março 2019	537	221	316
Abril 2019	510	231	279
Mai 2019	485	198	287
Junho 2019	502	215	287
Julho 2019	409	243	166

Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

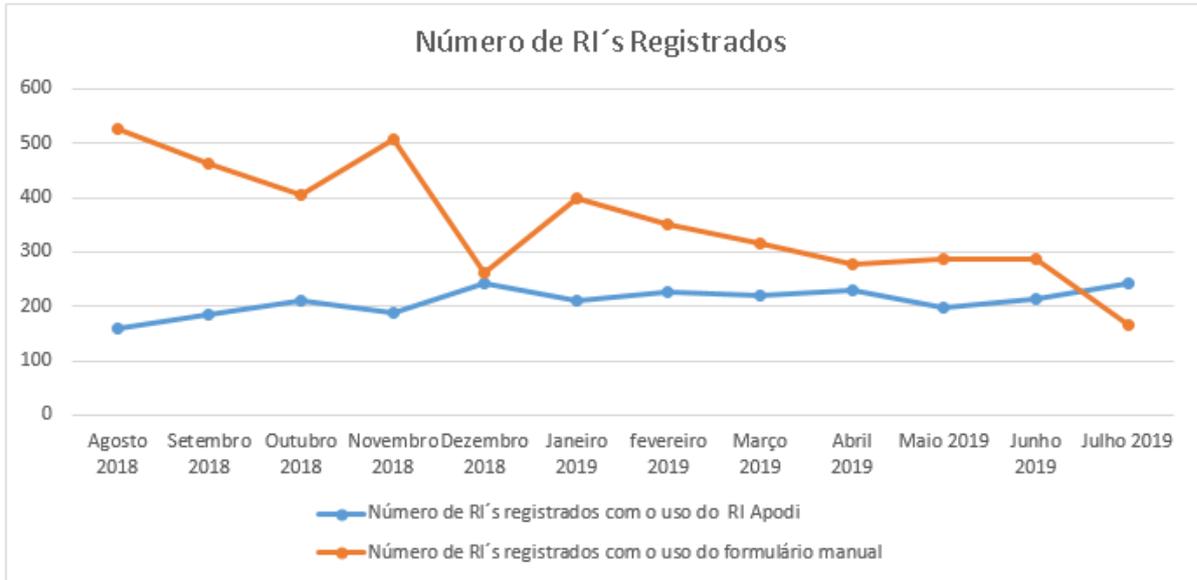
#### ***4.2.5 Adesão ao uso do aplicativo RI Apodi durante a implantação.***

Após a coleta e análise dos dados correspondentes ao registro de incidentes durante um período de 12 meses, foi possível observar que dentre o total de registros, o número de registros realizados utilizando o aplicativo RI Apodi é crescente se compararmos com a quantidade de registros realizados no mesmo período utilizando o formulário manual, Tabela 1.

Logo, ao analisarmos o gráfico na Figura 12, percebe-se que o número de registro de incidentes utilizando o aplicativo permanece em uma quantidade superior à quantidade de registros feitos manualmente, porém, o número de registros utilizando o formulário manual é reduzido gradativamente durante o mesmo período. Isso se dá devido a fatores ambientais da empresa, como por exemplo a quantidade de funcionários trabalhando dentro da unidade naquele período.

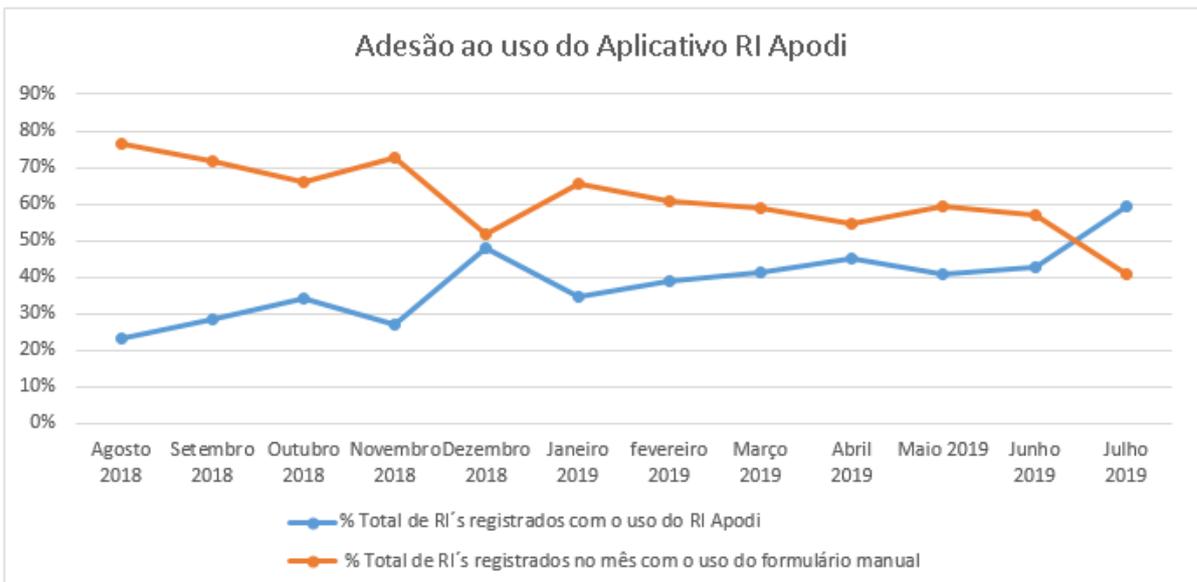
Ao analisarmos o gráfico na Figura 13, que mostra a porcentagem de adesão ao uso do aplicativo no período de 12 meses, é possível observar que houve um aumento constante do uso do aplicativo RI Apodi, bem como a adesão ao uso do aplicativo por parte dos colaboradores da unidade da cimento Apodi de Quixeré em relação ao uso do formulário manual em igual período.

Figura 12 – Gráfico do número total de relatos de Incidentes em 12 meses.



Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

Figura 13 – Gráfico da porcentagem total de relatos de Incidentes em 12 meses.



Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

Tabela 2 – Porcentagem do total de relatos de Incidentes em 12 meses.

Meses	Total de RI's registrados no mês	% Total de RI's registrados com o uso do RI Apodi	% Total de RI's registrados no mês com o uso do formulário manual
Agosto 2018	685	23%	77%
Setembro 2018	649	29%	71%
Outubro 2018	615	34%	66%
Novembro 2018	695	27%	73%
Dezembro 2018	501	48%	52%
Janeiro 2019	610	34%	66%
fevereiro 2019	575	39%	61%
Março 2019	537	41%	59%
Abril 2019	510	45%	55%
Mai 2019	485	41%	59%
Junho 2019	502	43%	57%
Julho 2019	409	59%	41%

Fonte: Companhia Industrial de Cimento Apodi.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Considerando as leituras realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, pode-se tomar conhecimento que o desenvolvimento de *software* está cada vez mais veloz, tornando-se necessário o uso de metodologias de desenvolvimento para assegurar que o *software* será produzido com qualidade dentro do prazo requerido pelo cliente.

A prototipação de *software* evolucionária, é um modelo de processo que assegura o desenvolvimento ágil, e a entrega de um sistema utilizável em um curto espaço de tempo para o cliente quando esta for a mais indicada, objetivando a primeira entrega do *software* e posteriores alterações após a entrega.

A proposta do *software* RI Apodi para a comunicação de relatos de incidente dentro da Companhia Industrial de cimento Apodi mostrou-se viável e eficaz. Utilizando o conceito da Pirâmide de Frank Bird, combinada com a prototipação de *software*, e com conceitos da Indústria 4.0 para desenvolver e implantar o *software* na planta, como ferramenta para melhoria das análises de incidentes. Algumas das Melhorias obtidas de imediato são: relatórios em planilhas geradas automaticamente, gráficos dos tipos de usuários e da quantidade de registro de incidente obtidas por cada usuário por período.

Esta ferramenta é utilizada para gerir a comunicação de relatos de incidentes, analisar e classificar riscos para que seja possível prevenir possíveis acidentes. Funciona como um Sistema de Gestão de incidentes Integrado dentro da empresa, objetivando a melhoria contínua, a minimização e até eliminação dos eventos não desejados e seus impactos.

Nessa conjuntura, foi possível identificar que o conceito de fábrica colaborativa na Indústria 4.0 é viável, Por meio deste pode-se tornar o processo de informações mais veloz, conectando pessoas de forma sustentável, reduzindo o uso de papel visando a responsabilidade social, reduzindo os incidentes dentro da indústria para que pessoas possam trabalhar em um ambiente mais seguro.

Pode-se dizer que este trabalho contribui para o desenvolvimento de protótipos de *software* cada vez melhores no futuro sem desperdiçar tempo e dinheiro descartando-os e dá uma ideia de como modelos de processos ágeis podem ser utilizados. Assim, os resultados deste trabalho foram satisfatórios, pois foram alcançados os objetivos propostos.

Como trabalhos futuros sugerem-se a melhoria da aplicação hoje utilizada, adaptando a possíveis novos requisitos de *software*, e a tabulação do histórico de informações sobre os relatos de incidentes solucionados apresentando a taxa de implementação dentro da Companhia

Industrial de Cimento Apodi. Obtendo-se esses dados será possível a construção da própria pirâmide de Bird com os dados internos, tornando mais fácil o gerenciamento de tais riscos, podendo assim serem analisados, medidos e quantificados de maneira mais fácil e prática buscando o histórico de soluções, fazendo com que o mais importante faça sentido para quem tem a responsabilidade e a necessidade da tomada de decisões.

## REFERÊNCIAS

- ASHTON, K. **A história secreta da criatividade**: Descubra como nascem as ideias que podem mudar o mundo. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2016.
- BARBOSA S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação humano-computador**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.
- BENYON, D. **Interação humano-computador**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BIRD, F.; GERMAIN, G. **Damage control**: A new horizon in accident prevention and cost improvement. 1. ed. New York: American Management Association, 1966.
- CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia. In: VII EPCC - ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR. **Anais Eletrônicos VII EPCC**. Maringá, Paraná: CESUMAR, 2011. Disponível em: <[https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias\\_vieira\\_cavalcante2.pdf](https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2019.
- CERETTA, P. S.; LIMA, S. R. de; LIMA, M. R. de. Controle de incidentes através da tecnologia da informação. **VII Semead**, FEA-USP, São Paulo, 2004.
- CNI, C. **Estatísticas , Importância da Indústria**. 2018. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria>>. Acesso em: 27 out. 2019.
- CONDY, M. W.; NELSON, C. B. **Proceedings of the IEEE**, IEEE, v. 104, n. 5, p. 938–946, 2016.
- COUTINHO, J. R. T. de S. **Prototipagem Rápida como Forma de Envolvimento de Usuário em Metodologia Ágil de Desenvolvimento de Software**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco., Recife, 2006.
- DOMBROWSKI, U.; WAGNER, T. Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. **Procedia CIRP**, Elsevier, v. 17, p. 100–105, 2014.
- Fundo Monetário Internacional. **Real GDP growth**. 2018. Disponível em: <[https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP\\_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD](https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD)>. Acesso em: 29 out. 2018.
- GARRIDO-HIDALGO, C.; HORTELANO, D.; RODA-SANCHEZ, L.; OLIVARES, T.; RUIZ, M. C.; LOPEZ, V. Iot heterogeneous mesh network deployment for human-in-the-loop challenges towards a social and sustainable industry 4.0. **IEEE Access**, IEEE, v. 6, p. 28417–28437, 2018.
- HOFFMANN, P. **Sistema de notificação de eventos adversos e/ou incidentes em saúde**: software-protótipo. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão do Cuidado em Enfermagem) — Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- MAIA, A.; SAITO, C.; OLIVEIRA, J.; BUSSACOS, M.; MAENO, M.; LORENZI, R. *et al.* **Acidentes de trabalho no Brasil em 2013**: comparação entre dados selecionados da pesquisa nacional de saúde do ibge (pns) e do anuário estatístico da previdência social (aeps) do ministério da previdência social. 2016.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-4 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. 2009. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2019.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. 5. ed. São Paulo: Makron Books, 2005.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. Porto Alegre: AMGH, 2011.

ROCHA H. V. DA; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Campinas: NIED/UNICAMP, 2003.

SALIBA, T. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional**. São Paulo: LTR Editora Ltda, 2011.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. ed. São Paulo: EDIPRO, 2016.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. **Dados do Setor**. 2016. Disponível em: <<http://snic.org.br/numeros-do-setor.php>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

SPREV, S. da P. Anuário estatístico de acidentes de trabalho, 2017. **Ministério da Fazenda**, Brasília, v. 1, p. 1–996, 2017.

WATTANAGUL, N.; LIMPIYAKORN, Y. Automated documentation for rapid prototyping. In: IEEE. **2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)**. Jeju, South Korea, 2016. p. 1–4.

YAMAKAMI, W. J. **Introdução a engenharia de segurança no trabalho**. Apostila do curso de Engenharia Mecânica área de Materiais e processos de Fabricação da UNESP, 2013. 155 p. Disponível em: <[http://www.dem.feis.unesp.br/maprotec/apostila\\_fengseg.pdf](http://www.dem.feis.unesp.br/maprotec/apostila_fengseg.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2019.