

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**Adriano Castro Moreira**

**DIRETRIZES PARA PROPOSIÇÃO DE UM MODELO LÓGICO  
BASEADO NA WEB ORIENTAÇÃO**

**Aplicação voltada à rastreabilidade e recuperação da informação na  
Construção Civil**

**Juiz de Fora**

**2017**

**Adriano Castro Moreira**

**DIRETRIZES PARA PROPOSIÇÃO DE UM MODELO LÓGICO  
BASEADO NA WEB ORIENTAÇÃO**

**Aplicação voltada à rastreabilidade e recuperação da informação na  
Construção Civil**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído na área de concentração Ambiente Construído.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Aparecida Steinherz Hippert

**Juiz de Fora**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada através do Modelo Latex do CDC da UFJF  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MOREIRA, Adriano Castro.

DIRETRIZES PARA PROPOSIÇÃO DE UM MODELO LÓGICO  
BASEADO NA WEB ORIENTAÇÃO

Aplicação voltada à rastreabilidade e recuperação da informação na Construção Civil / Adriano Castro Moreira. – **2017**.

79 f. : il.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Aparecida Steinherz Hippert

Dissertação (Mestrado) – **UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, FACULDADE DE ENGENHARIA. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2017.**

1. Web Orientação. 2. Rastreabilidade. 3. Recuperação da Informação.  
4. Gestão da Informação. I. Hippert, Maria Aparecida Steinherz, Título.

Adriano Castro Moreira

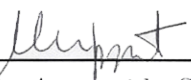
**DIRETRIZES PARA PROPOSIÇÃO DE UM MODELO LÓGICO  
BASEADO NA WEB ORIENTAÇÃO**

Aplicação voltada à rastreabilidade e recuperação da informação na  
Construção Civil

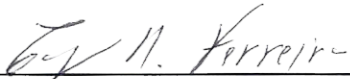
Dissertação apresentada ao PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE  
CONSTRUÍDO da Universidade Federal de  
Juiz de Fora, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em Ambiente  
Construído na área de concentração Ambiente  
Construído.

Aprovada em: 29 de Setembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Aparecida Steinherz Hippert -  
Orientadora  
Universidade Federal de Juiz de Fora

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup> Dr. Jose Alberto Barroso Castañon  
Universidade Federal de Juiz de Fora

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup> Dr. Edgar Ricardo Ferreira  
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais,  
Campus Juiz de Fora

*Essencialmente todos os meus esforços são dedicados a  
Jesus Cristo que com seu exemplo de entrega é inspiração todos os dias.*

*Dedico este trabalho à minha Mãe Maria (Cátia) que me  
inspira todos os dias com sua fibra e sabedoria.*

*Dedico ao meu Pai Afrânio (in memória) que junto com minha Mãe  
me educaram a ser um homem de honra e de moral.*

*E por fim dedico à Anabela Knut (in memória) à qual serei eternamente grato.*

*Foi o ser mais extraordinário que tive a oportunidade de conviver.*

*Saudades Eternas!*

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos não são suficientes para expressar a gratidão que tenho pelas inúmeras pessoas que de forma direta ou indireta possibilitaram que eu pudesse cursar o programa de mestrado e concluir este trabalho de dissertação.

Da inspiração nos profissionais que buscam uma melhoria tecnológica em suas empresas aos possíveis beneficiários deste trabalho meu agradecimento pelo abstrato incentivo. Que este trabalho contribua em suas vidas profissionais de forma positiva e produtiva.

De certo não conseguirei agradecer a todos, porem peço que todos se sintam representados em cada agradecimento que se segue.

Agradecimento in memória aos Professores Prof. Fernando de Paiva Mattos e ao Prof. Narciso Albuquerque sem os quais este momento seria um mero desejo a ser realizado.

Agradeço a iniciativa dos professores que trabalharam para criar e implantar o Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído – PROAC na Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF e pela oportunidade de poder cursá-lo no momento oportuno.

Agradeço à banca examinadora nas pessoas dos professores Prof. Dr. José Alberto Barroso Castañon e Prof. Dr. Edgar Ricardo Ferreira que com suas habilidades avaliaram meu trabalho e souberam fazer sugestões valiosas que enriqueceram e foram integradas ao trabalho e aprendizado pessoal.

Agradeço à minha orientadora Profa Dra Maria Aparecida Steinhertz Hippert que se disponibilizou a me orientar desde o início nos trabalhos de pesquisa e artigos produzidos durante minha passagem pelo PROAC. Agradeço a amizade, sua sabedoria, paciência e dedicação em abraçar uma pesquisa emergente e de campo de domínio complexo.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG e à UFJF pelo auxílio financeiro concedido nesse período, tornando possível a dedicação integral aos meus estudos e aperfeiçoamento científico profissional.

Agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Barrére (Pró-reitoria de Planejamento, Orçamento e Finanças – PROPOF), Dir. Eng. Francisco Henrique e Eng. Salverino Kashimoto (Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional – CGCO) pelo apoio em fornecer a infraestrutura necessária ao desenvolvimento da pesquisa e sua continuidade futura.

Agradeço ao corpo de professores, professoras e funcionários do PROAC pela capacidade técnico-administrativas e que em muitos momentos foi oportunamente de

divertida convivência.

Agradeço aos meus Amigos de turma e Colegas de mestrado que me deram a oportunidade da convivência e precioso aprendizado atemporal, uma experiência com vinte e três anos de antecedência.

Agradeço a amiga de mestrado Izabel Rodrigues pela generosidade e às amigas Flávia Ávila, Patrícia Toledo, Fernanda Tonelli, Camila Caixeta (Camilix) e Isabela Stiegert que foram fonte de muita diversão durante e depois do mestrado. À amiga Ana Cristina Junqueira pelo carinho, pelas orações nos momentos difíceis e pela dedicada amizade. Agradeço à Dona Flora, Mãe da Patrícia, a ajuda imprescindível para conquistar minha primeira publicação internacional do mestrado.

Agradeço às amigas Erica da Costa Reis Carvalho, Ana Cláudia Souza e aos amigos Walter Campos de Campos Filho, Wânia Dantas Mayer, Thalys Marcello Oliveira Gouvea, Henrique Rosa De Sousa Junior e Viviane Gomes Leite de Lucenda que foram de extraordinário amparo nos momentos críticos impostos pelo caminhar natural da minha vida extra mestrado. Amigos sem os quais talvez esta realização pudesse não ter ocorrido.

Agradecimento especial à amiga Livia Cosentino, pelo apoio, incentivo e paciência em dedicar seu tempo e compartilhar seu conhecimento, uma verdadeira Docente por natureza e uma preciosa amizade para toda a vida.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que  
ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”  
(Arthur Schopenhauer)



## RESUMO

Nos últimos anos normas técnicas ligadas ao setor da construção civil predial, foram criadas e atualizadas referenciando e orientando os processos, sistemas construtivos e de manutenção necessários para o objetivo fim de se construir obedecendo às normativas mínimas e assim disciplinando o mercado construtor. Ao longo de todo o processo de construção uma grande quantidade de informação é gerada e precisa estar devidamente organizada de maneira a facilitar o seu resgate quando se fizer necessário o seu uso. A tecnologia de informação e comunicação (TIC) vem contribuir para esse processo. Este trabalho tem por objetivo propor o desenvolvimento de modelo de ambiente informatizado para a gestão da informação do processo de construção. Para esta tarefa, fez-se uso, conceitualmente, das TICs tais como a *Web* Orientação utilizando Sistemas de Gestão de Conteúdo (SGC) e dos Códigos de Resposta Rápida (QR Code). O resultado dessa combinação de tecnologias é um modelo lógico básico que disponibiliza em tempo real e de forma transparente acesso fácil, rápido, descentralizado e hierarquizado das informações e registros dos documentais necessários às tarefas do cotidiano das empresas, além de possibilitar o rastreamento de forma dinâmica sem limites geográficos. Um exemplo de aplicação voltada à segurança do trabalho é apresentado neste trabalho. O modelo proposto facilita a modelagem da informação e da gestão da informação disponibilizando um *feedback* para decisões e acompanhamentos na obra. O acesso ao sistema realiza-se através das tecnologias de conexão móveis: *notebooks*, *smartphones* e *tablets*, dando suporte aos trabalhadores e profissionais construtores e de manutenção da edificação. Vê-se como contribuição deste trabalho a continuidade da pesquisa na área de “marcação” por etiquetas “inteligentes”, *Web* orientação e gestão da informação como forma de auxiliar a realização dos processos construtivos de edificações.

Palavras-chave: Rastreabilidade. Recuperação da Informação. *Web* Orientação. Gestão da Informação.

## ABSTRACT

In recent years, technical standards related to the construction sector have been created and updated, referencing and guiding the processes, construction and maintenance systems required for the purpose of building up to comply with minimum standards and thus disciplining the construction market. Throughout the entire construction process a large amount of information is generated and needs to be properly organized in order to facilitate its rescue when it is necessary to use it. Information and communication technology (ICT) has contributed to this process. This work aims to propose the development of a computerized environment model for information management of the construction process. For this task, it was made conceptual use of ICTs such as the WEB Orientation using Content Management Systems (SGC), the QR Code. The result of this combination of technologies is a basic logical model that provides transparent, real-time access to the information and records necessary for the everyday tasks of the companies in a transparent and easy way, as well as to enable tracking dynamically without geographical limits. An example of an application for work safety is presented in this work. The proposed model facilitates the modeling of information and information management by providing feedback for decisions and follow-ups in the work. Access to the system takes place through mobile connection technologies such as notebooks, smart phones and tablets, supporting workers and professionals building and maintenance of the building. It is seen as a contribution of this work the continuity of the research in the area of marking by intelligent tags, web orientation and information management as a way to assist the construction processes of buildings.

Keywords: Traceability. Information Retrieval. Web Orientation. Information management.

## ZUSAMMENFASSUNG

In den letzten Jahren wurden technische Normen für die Bauindustrie im Bezug auf Bauverfahren, Bau- und Instandhaltungssysteme erstellt und aktualisiert, welche für die Disziplinierung des Baumarktes bei dem Aufbau von Mindeststandards – referenzierung und orientierung dienen. Im Laufe des gesamten Bauprozesses wird eine große Anzahl an Informationen erzeugt, die ordnungsgemäß organisiert werden müssen, um bei Bedarf auf einfache Weise abrufbereit zu stehen. Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) trägt zu diesem Prozess bei. Diese Arbeit hat zum Ziel, ein computergestütztes Arbeitsumfeld zu entwickeln das für das Informationsmanagement im Bauprozess notwendig wäre. Für diese Aufgabe wurde konzeptionell der Einsatz von IKT's wie Web Guidance mit Content Management Systemen (CMS) und QR-Codes genutzt. Das Ergebnis dieser Kombination von Technologien ist ein logisches Grundmodell, welches in Echtzeit und auf transparente Weise einen einfachen, schnellen, dezentralisierten und hierarchischen Zugriff zu Informationen und Eintragungen der notwendigen Dokumente ermöglicht, die für die täglichen Aufgaben der Unternehmen notwendig sind. Dazu kommt das diese Kombination von Technologien die dynamische Rückverfolgung ohne geographische Grenzen ermöglicht. Ein Anwendungsbeispiel, bezogen auf die Sicherheit von Arbeitsplätzen, wird in dieser Arbeit vorgestellt. Das vorgeschlagene Modell erleichtert die Modellierung und Management der Informationen. Hierbei wird ein Feedback für Entscheidungen und Begleitung der Baumaßnahmen zur Verfügung gestellt. Der Zugang zum System erfolgt über mobile Kommunikationstechnik, wie z.B. Notebooks, Smartphones und Tablets die, die Arbeiter und Fachkräfte im Baugewerbe und der Gebäudewartung unterstützen. Der vorliegende Arbeit versteht sich als ein Beitrag zur Fortsetzung der Forschung im Bereich "Markierung" durch "intelligente" Tags, Weborientierung und Informationsmanagement als Support für Gebäudebauverfahren.

Stichworte: Rückverfolgbarkeit. Informationsabruf. Weborientierung. Informationsmanagement.

## RÉSUMÉ

Ces dernières années, des normes techniques liées à l'industrie de la construction ont été créées et mises à jour, référençant et guidant les processus, les systèmes de construction et la maintenance nécessaires pour atteindre les normes minimales et discipliner le marché de la construction. Tout au long du processus de construction, une grande quantité d'informations est générée et doit être correctement organisée afin de faciliter son sauvetage lorsqu'il est nécessaire de l'utiliser. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) ont contribué à ce processus. Ce travail vise à proposer le développement d'un modèle d'environnement informatisé pour la gestion de l'information du processus de construction. Pour cette tâche, nous avons fait un usage conceptuel des TIC tels que l'orientation WEB en utilisant des systèmes de gestion de contenu (SGC), le code QR. Le résultat de cette combinaison de technologies est un modèle logique de base qui fournit un accès transparent et en temps réel aux informations et aux enregistrements nécessaires aux tâches quotidiennes des entreprises de manière transparente et facile, ainsi que pour permettre un suivi dynamique sans limites géographiques. Un exemple d'application visant à la sécurité d'emploi est présenté dans cette recherche. Le modèle proposé facilite la modélisation de la gestion de l'information et de l'information en fournissant une rétroaction pour les décisions et les suivis dans le travail. L'accès au système se fait à travers des technologies de connexion mobile, telles que les ordinateurs portables, téléphones intelligents et les tablettes, en soutenant les ouvriers et les constructeurs professionnels et la maintenance du bâtiment. Il est considéré comme une contribution de ce travail la continuité de la recherche dans le domaine du «marquage» par des étiquettes «intelligentes», l'orientation du WEB et la gestion de l'information comme un moyen d'assister les processus de construction des bâtiments.

Mots-clés: Traçabilité. Récupération d'informations. Orientation Web. Gestion de l'information.

## RESUMEN

En los últimos años, normas técnicas relacionadas al sector de la construcción civil predial, fueron creadas y actualizadas referenciando y orientando los procesos, sistemas constructivos y de mantenimiento necesarios para el objetivo fin de construirse obedeciendo a las normativas mínimas y así disciplinando el mercado constructor. Al largo de todo el proceso de construcción, una gran cantidad de información es generada y necesita estar debidamente organizada de manera a facilitar su rescate cuando se haga necesario su uso. La tecnología de información y comunicación (TIC) viene a contribuir para ese proceso. Este trabajo tiene por objetivo proponer el desarrollo de modelo de ambiente informatizado para la gestión de la información del proceso de construcción. Para esta tarea, se hizo uso, conceptualmente, de las TICs tales como la Web Orientación utilizando Sistemas de Gestión de Contenido (SGC) y de los Códigos de Respuesta Rápida (QR Code). El resultado de esa combinación de tecnologías es un modelo lógico básico que disponibiliza en tiempo real y de forma transparente, el acceso fácil, rápido, descentralizado e yerarquizado de las informaciones y registros de los documentales necesarios a las tareas del cotidiano de las empresas, además de posibilitar el rastreo de forma dinámica sin límites geográficos. Un ejemplo de aplicación vuelta a la seguridad del trabajo es presentado en este estudio. El modelo propuesto facilita el modelado y la gestión de la información disponibilizando un feedback para decisiones y acompañamientos en la obra. El acceso al sistema se realiza a través de las tecnologías de conexión móviles: notebooks, smartphones y tablets, ofreciendo soporte a los trabajadores y profesionales constructores y de mantenimiento de la edificación. Se ve como contribución de este trabajo, la continuidad de la investigación en el área de “marcación” por etiquetas “inteligentes”, Web orientación y gestión de la información como forma de auxiliar la realización de los procesos constructivos de edificaciones.

Palabras clave: Rastreabilidad. Recuperación de la Información. Web Orientación. Gestión de la Información.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma da organização da gestão da informação na gestão de projetos.	27
Figura 2 – Ilustração do sistema de leitura tradicional para etiquetas RFID com transceptor.	35
Figura 3 – Exemplo de sistema para leitura portátil de etiquetas RFID	35
Figura 4 – Leitura de RFID através do <i>Smartphone</i> com leitor NFC na faixa de 13,56MHz.	37
Figura 5 – Outros Padrões de Códigos Bidimensionais Rastreáveis	38
Figura 6 – Exemplo de estrutura cliente servidor.	42
Figura 7 – Estrutura física de distribuição e acesso a servidores.	43
Figura 8 – Modelo simplificado de condução de pesquisa em <i>Design Science</i> .	46
Figura 9 – Estrutura do ambiente proposto.	49
Figura 10 – Configuração adotada para a realização dos testes.	51
Figura 11 – Exemplo de leitura do QR Code com um <i>smartphone</i> .	59
Figura 12 – Exemplo de leitura de etiqueta QR Code aplicada a equipamento de trabalho.	59
Figura 13 – Fluxo para implementação do exemplo proposto.	64
Figura 14 – EPIs obrigatórios.	65
Figura 15 – Consulta à etiqueta afixada na máquina policorte.	65
Figura 16 – Leitura de uma mesma etiqueta direcionando para conteúdos distintos.	66
Figura 17 – QR Code aplicado a um Mapa de Risco Ocupacional	67
Figura 18 – Etiquetas Impressa para o teste	68
Figura 19 – Processo de leitura com <i>Tablet</i>	68
Figura 20 – Leitura realizada com <i>tablet</i>	69
Figura 21 – Captura de tela da leitura	69
Figura 22 – Erro para tentativa de acesso sem autorização.	69
Figura 23 – Acesso link restrito	70
Figura 24 – Captura de tela da leitura	70
Figura 25 – <i>Smartphone</i> realizando leitura	71
Figura 26 – Leitura realizada e exibida	71
Figura 27 – Níveis de correção de erro para QR Code	71
Figura 28 – Verificação da capacidade de correção de erro	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo de algumas características do QR Code . . . . .	39
Tabela 2 – Definição do Escopo da Etiqueta a ser Utilizada . . . . .	54
Tabela 3 – Necessidades com Especificações e grau de Importâncias . . . . .	55
Tabela 4 – Tabela de Métricas . . . . .	56
Tabela 5 – Métricas com Valores Marginais . . . . .	56
Tabela 6 – Decisão com Elementos Analisados . . . . .	57
Tabela 7 – Resultado dos Elementos Analisados . . . . .	57
Tabela 8 – Refinamento da Matriz Decisória – Pontuação Balanceada . . . . .	58
Tabela 9 – Refinamento Matriz Decisória – Pontuação Balanceada . . . . .	58
Tabela 10 – Distâncias de leitura realizadas com <i>Tablet</i> . . . . .	68
Tabela 11 – Distâncias de leitura realizadas com <i>Smartphone</i> . . . . .	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BSD	<i>Berkeley Software Distribution</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CC	<i>Creative Commons</i>
CGCO	Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CMS	<i>Content Management System</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i> - Unidade Central de Processamento
CPU	Unidade de Processamento Computacional
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
EDMS	<i>Electronic Document Management System</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FAP	Fator Acidentário de Prevenção
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> - Protocolo de transferência de arquivos
GNU	<i>Gnu's Not Unix</i>
GPL	<i>General Public License</i> - Licença de uso geral
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> - Linguagem de Marcação de Hipertexto
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i> - Protocolo de Transferência de Hipertexto
IP	<i>Internet Protocol</i> - Protocolo de Internet - protocolo de interconexão Web
KMS	<i>Knowledge Management Systems</i> - Sistemas de Gerenciamento de Conhecimento
LINUX	<i>Linux Is Not Unix</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>



MRO	Mapa de Riscos Ocupacionais
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NEST	Núcleo de Ergonomia e Sustentabilidade em Transporte
NFC	<i>Near Field Communication</i> - Comunicação por campo de proximidade. Tecnologia e <i>Tags</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i> - Organização responsável pelo padrão NFC
NTEP	Nexo Técnico Epidemiológico
PDM	<i>Product Data Management</i>
PHP	<i>Personal Hypertext Preprocessor</i>
QR Code	<i>Quick Response Code</i> - Código de Resposta Rápida
RAT	Risco Ambiental do Trabalho
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i> - Identificador por Rádio Frequência
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SAG	Sistema de Acompanhamento da Gestão
SAT	Seguro Acidente de Trabalho
SGC	Sistema de Gestão de Conteúdo
SIE	Sistema de Informação Executiva
SIG	Sistema de Informação Gerencial
SIP	Sistema Integrado de Processos
SMS	<i>Short Message Service</i> - Serviço de mensagens curtas
SPT	Sistema de Processamento de Transações
SO	Sistema Operacional
SW	Sistema de <i>WorkFlow</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> - Protocolo de Controle de Transmissão
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

UDP	<i>User Datagram Protocol</i> - Protocolo simples da camada de transporte.
UNIX	<i>Uniplexed Information and Computing System</i> (UNICS)
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> - Localizador Uniforme de Recursos
WEB	<i>World Wide Web</i> - sistema hipertextual
WES	<i>Web Enterprise Suite</i>
WF	<i>Workflow</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>19</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS . . . . .	19
1.2	JUSTIFICATIVA . . . . .	21
1.3	OBJETIVOS . . . . .	22
1.3.1	<b>Objetivo geral . . . . .</b>	<b>22</b>
1.3.2	<b>Objetivo específico . . . . .</b>	<b>23</b>
1.4	DELIMITAÇÃO DO ESCOPO . . . . .	23
1.5	CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS . . . . .	23
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO . . . . .	24
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>25</b>
2.1	INFORMAÇÃO E RASTREABILIDADE . . . . .	25
2.1.1	<b>Rastreabilidade da informação . . . . .</b>	<b>29</b>
2.2	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - TIC . . . . .	31
2.2.1	<b>Rotulagem . . . . .</b>	<b>33</b>
2.2.1.1	<i>Etiqueta padrão RFID . . . . .</i>	<i>34</i>
2.2.1.2	<i>Etiqueta padrão QR Code . . . . .</i>	<i>37</i>
2.2.2	<b>Licenças de uso de softwares . . . . .</b>	<b>39</b>
2.2.3	<b>Softwares para implementação do ambiente . . . . .</b>	<b>41</b>
2.2.3.1	<i>Sistema Operacional . . . . .</i>	<i>42</i>
2.2.3.2	<i>Sistema Servidor . . . . .</i>	<i>42</i>
2.2.3.3	<i>Servidor WEB/HTTP . . . . .</i>	<i>43</i>
2.2.3.4	<i>Servidor Banco de Dados . . . . .</i>	<i>43</i>
2.2.3.5	<i>Servidor CMS . . . . .</i>	<i>44</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>MODELO PROPOSTO . . . . .</b>	<b>48</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS . . . . .	48
4.2	DESENVOLVIMENTO . . . . .	49
4.2.1	<b>Equipamentos . . . . .</b>	<b>50</b>
4.2.2	<b>Softwares . . . . .</b>	<b>51</b>
4.2.3	<b>Terminais de consulta . . . . .</b>	<b>53</b>
4.2.4	<b>Etiquetas WEB orientadas . . . . .</b>	<b>53</b>
4.3	O EXPERIMENTO . . . . .	58
4.3.1	<b>Considerações iniciais . . . . .</b>	<b>58</b>

4.3.2	<b>Exemplo de aplicação</b> . . . . .	61
4.3.2.1	<i>Gestão da segurança do trabalho</i> . . . . .	62
4.3.2.2	<i>Implementação</i> . . . . .	64
4.3.3	<b>Simulação em Laboratório</b> . . . . .	67
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	73
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	75

# 1 INTRODUÇÃO

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”*

(Ana Lins dos Guimarães Peixoto Bretas)

(pseudônimo Cora Coralina)

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde o momento em que o ser humano passou a construir suas próprias habitações a fim de se proteger, ele atribuiu níveis de exigência e desempenho a estas edificações. Com o passar do tempo, novos materiais e novas tecnologias foram surgindo e o homem passa a utilizá-las na busca por melhorias em suas habitações visando atingir novos patamares de desempenho.

Mantendo este ciclo, sucessivamente ao longo do tempo, as civilizações se organizaram em comunidades, onde as atividades de construção passaram de comunitárias/colaborativas para comerciais, baseadas na troca monetária ou de mercadorias e delimitando um mercado construtor em que as figuras do fornecedor e consumidor de habitações passaram a ficar mais bem definidas.

O estabelecimento de um mercado consumidor leva a uma maior competitividade. Com isso, desde os primórdios da civilização, o mercado construtor lida com vários níveis de exigências dos produtos construídos.

Mesmo nas civilizações mais antigas, a relação construtor consumidor tem sempre um arbitro mediador quando a insatisfação ocorre ao nível do ente mais vulnerável. De forma abrangente, percebe-se no momento da utilização do bem imóvel a preocupação com a aplicação das técnicas construtivas e com a qualidade do que é construído.

No Brasil, a mais importante lei que procurou regulamentar o mercado de construção civil habitacional foi decretada em 16 de dezembro de 1964, LEI N° 4.591 (BRASIL, 1964) sendo posteriormente atualizada. Essa lei dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias, e em seu artigo 53 cria a obrigatoriedade da elaboração de critérios e normas para cálculo de custos unitários de construção subdivididos em modelos e padrões de referência (BRASIL, 1964).

Porém, a dinâmica sócio comercial obedece a uma ordem própria e as iniciativas de regular o mercado construtor tem que evoluir constantemente a fim de estabelecer novos patamares de qualidade aos produtos da indústria da construção civil habitacional.

Hoje com um Código de defesa do Consumidor (Brasil, 1990) maduro, apoiado nas leis e normas da ABNT, o consumidor se encontra cada vez mais proprietário da informação que está agregada junto à edificação na qual ele irá habitar por longos períodos e dela usufruir. Um exemplo de aplicação deste código pode ser visto na cartilha do

consumidor: Como Escolher, Comprar e Defender-se dos Abusos na Aquisição de Imóveis, edição especial construtoras (IBEDEC, 2007).

Além disto, normas técnicas ligadas diretamente ao setor da construção civil predial vêm sendo criadas e atualizadas com o intuito de orientar e disciplinar o mercado construtor. Um exemplo mais recente de norma não prescritiva publicada refere-se ao conjunto de orientações da norma de desempenho, a ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013) que tem imposto uma nova realidade ao mercado da construção civil. Esta necessidade de estabelecimento de parâmetros normativos foi fomentada no mercado brasileiro tendo em vista o grande potencial identificado para se construir habitações populares. Porém, não se sabia qual o desempenho e padrões técnicos mínimos que as construtoras deveriam atender, além de questões como vida útil, dimensões mínimas dos ambientes, nível de patologias, custos de manutenção entre outras demandas (BORGES, 2008).

Estas normas tratam de procedimentos e sistemas construtivos necessários ao processo de produção da edificação, obedecendo a referências normativas mínimas com finalidade de atingir os desempenhos de qualidade esperados para o padrão referência estabelecido.

Além das orientações nos processos e métodos construtivos, as normas do setor também orientam outros componentes do sistema ligados à cadeia de processos da construção e seu encadeamento nas etapas iniciais, intermediárias e finais da construção e continuamente no pós-ocupação pelas garantias obrigatórias.

Ao longo do processo de construção, várias informações são geradas, tratadas, armazenadas e consultadas para que os resultados esperados sejam atingidos. Na maioria das vezes, estas informações são únicas para cada construção. Porém, alguns métodos e ou princípios são reaplicados ao longo do tempo por fazerem parte da memória construtiva da empresa. Boa parte destas informações é consultada pelas empresas durante todo o processo de projeto e construção e posteriormente também fornecidas ao consumidor como registro para que este, como interveniente, cumpra seu papel de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Nos dias atuais, a gestão dos dados e informações acumuladas de uma empresa é essencial para aumentar a sua capacidade competitiva. Em um ambiente de mercado em que os processos são quase todos uniformizados, o diferencial de organização de cada empresa poderá fortalecer sua estratégia para se diferenciar no mercado e assim conquistar uma fatia maior do seguimento atuante (ANDERY E VIEIRA. 2002).

Para que cumpra esse objetivo, os dados e as informações geradas durante os processos necessitam ter um mínimo de organização e catalogação para que possam ser devidamente consultados e processados. Assim, gerenciar a tríade dados, informação e conhecimento se torna essencial para a organização competitiva. É fundamental compreen-

der que o conhecimento gerado por cada sujeito organizacional necessita ser compartilhado aos demais membros (SANTOS e VALENTIM, 2014).

Racionalizar este gerenciamento pode ser uma questão de sobrevivência, dada a alta rotatividade de funcionários e das características de acúmulo de tarefas pela pouca mão de obra especializada, principalmente em tecnologias e métodos gerenciais (SALDANHA e SOLTO, 1997). E isto tem um maior impacto nas pequenas empresas. Estas possuem um número mínimo de funcionários, por vezes apenas dois ou três e de uma mesma família (THODE FILHO e CALDAS, 2008). Desta forma, estimular e gerenciar a organização da informação nas pequenas empresas de construção é um dos caminhos possíveis para atingir os objetivos de diferenciação competitiva frente às dificuldades inerentes ao pequeno porte e ao mercado.

Dentro deste contexto, e entendendo que nos tempos atuais, as relações sociais, empresariais e institucionais têm sido impactadas pelos avanços das tecnologias de informação e comunicação (TICs), sendo nomeada como uma Sociedade da Informação e do Conhecimento (PEREIRA e SILVA, 2010) vê-se a possibilidade de se utilizar as tecnologias já disponíveis no segmento de TICs a fim de se otimizar o tempo e custo para realização do processo de gestão.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Ao longo do tempo, vários métodos e técnicas foram sendo criados para facilitar o registro, orientação, controle e apuração das atividades desenvolvidas nas empresas de construção e nos canteiros de obras. Porém, como afirmam Li e Becerik-Gerber (2011), pela característica do processo de construção ainda depender majoritariamente do trabalho humano, o mesmo fica suscetível a erros e ineficiência.

Soma-se a isso a complexidade e imprevisibilidade do canteiro de obras pela própria natureza do processo de construção aliada à elevada rotatividade da mão de obra no setor de construção. Fato esse que leva as empresas à necessidade de treinamento frequente de suas equipes de trabalho nos seus vários níveis de ocupação. Isso se justifica para que a construtora junto a sua equipe consiga realizar o processo dentro dos padrões pré-estabelecidos de maneira que o resultado final atinja o desempenho esperado.

Outra questão refere-se ao porte das empresas. As pequenas construtoras tem menor margem financeira para investir em processo de treinamento e contratar equipes mais capacitadas para realizar seus serviços. Porém o grande volume de informação circulante dentro das pequenas empresas do setor da construção civil demanda uma gestão mais acurada dos dados, informações e conhecimentos para que a empresa se torne mais eficiente e competitiva. Nas pequenas empresas construtoras praticamente não existem setores de TIC e suas atividades são, em sua grande maioria, terceirizados a fim de se

reduzir custos. Segundo LASTRES E ALBAGLI (1999), setores dedicados à tecnologia da informação são mais presentes em empresas de médio a grande porte que utilizam sistemas de informática complexos para organizar a estrutura da empresa.

Setores industriais de eletrônicos, fármacos, alimentos e outros têm se modernizado no uso de novas TICs, já o setor da construção civil nacional não acompanhou na mesma velocidade. Apesar de existirem tecnologias modernas sendo utilizadas no seguimento da construção civil, a maioria das empresas não consegue assimilar de forma rápida e eficiente estas tecnologias emergentes, muitas vezes pela complexidade e outras vezes pelos custos de implantação e manutenção e assim acaba por não aproveitar os benefícios das TICs. Dificuldades semelhantes são mencionadas pelo Prof. Toledo da USP (TECHNE, 2012).

No contexto das TICs, uma das formas que tem sido usada para a organização da informação é a rotulagem dos produtos (conceituada no item 2.2.1). Entretanto, muitas vezes as informações rotuladas não podem ser recuperadas por divergências nos processos de indexação, o que dificulta o entendimento e a recuperação da informação armazenada.

Neste contexto, a proposta ora apresentada se justifica por apresentar uma aplicação de baixo custo, fácil de ser operacionalizada, capaz de dar suporte e facilitar o treinamento da mão de obra da empresa. Além disto, permite a recuperação das informações armazenadas e o rastreamento dos acessos realizados no sistema. Ela pode ser considerada como uma continuidade do trabalho de Cintra (2005) em que a autora propôs uma estrutura para organização do conhecimento. Tendo sido organizado, o conhecimento pode ser recuperado e usado para alimentar a realização de novos processos bem como subsidiar a tomada de decisão.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

O trabalho pretende responder à seguinte questão: Como organizar as informações necessárias ao processo construtivo de edificações, fazendo uso dos recursos de TICs, de maneira que elas possam ser facilmente recuperadas e a um baixo custo?

Para responder a esta questão, este trabalho tem por objetivo geral propor a utilização de um modelo de ambiente virtual de *software* para gerenciamento de conteúdo de forma rápida, prática, hierarquizada e centralizada a fim de facilitar o acesso à consulta às informações durante os processos e atividades de construção.

O modelo proposto utiliza as tecnologias existentes de conexão e orientação *Web* para sua elaboração com base na cultura *free software/open source* visando racionalizar os custos de sua implantação e manutenção. Neste sentido, técnicas de rotulagem direcionadas aos códigos de resposta rápida, QR Code para registro dos *Web links* são desejáveis tendo em vista sua capacidade de armazenamento de informações alfanuméricas.



### 1.3.2 Objetivo específico

Como objetivos específicos têm-se:

- Caracterizar a necessidade de informação organizada e rastreável para o processo construtivo de edificações;
- Avaliação da aplicação da tecnologia QR Code na construção civil.

## 1.4 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

O trabalho apresenta uma proposta de utilização de um modelo virtual, isto é, uma representação simplificada de uma situação real, baseada na descrição formal de objetos, relações e processos. Além disto, foram consideradas somente as informações necessárias à composição de um banco de dados para a realização dos testes para validação da proposta.

## 1.5 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

A partir da questão proposta para este trabalho, foi definida a metodologia a ser utilizada. A definição da metodologia é importante para orientar o pesquisador sobre as etapas a serem realizadas para o atendimento do seu objetivo de pesquisa. Assim, foi escolhida a *Design Science Reserach* visto que a mesma tem por objetivo a realização de pesquisa orientada para a solução de problemas.

Seguindo a metodologia da DSR (descrita com mais detalhes no Capítulo 3), foi inicialmente realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de contextualizar a problemática a ser tratada. Neste sentido, os temas pesquisados foram gestão da informação, rastreabilidade, rotulagem bem como os recursos de TIC, capazes de dar suporte ao desenvolvimento do ambiente proposto. Nesta etapa foram realizadas consultas em livros e dissertações como também em periódicos disponíveis no portal CAPES e Google Scholar. Além disto, foram também realizadas consultas à documentação oficial dos *softwares*, disponível nos *sites* oficiais das organizações responsáveis pelo desenvolvimento dos mesmos.

A partir da base teórica estabelecida foram definidos os conceitos a serem adotados para a solução do problema. Tendo como característica principal da pesquisa o baixo custo de implantação e operacionalização da proposta, a cultura *open source* e outras modalidades de licenças para uso livre de sistemas e *softwares* foi o caminho escolhido. Além disto, foram utilizadas as etiquetas inteligentes associadas a telefones celulares com o objetivo de facilitar o acesso às informações.

Na etapa seguinte, de desenvolvimento, a proposta do ambiente foi desenvolvida a partir dos conceitos anteriormente definidos. Foram utilizados os equipamentos disponíveis no NEST - Núcleo de Ergonomia e Sustentabilidade em Transporte da Faculdade de Engenharia da UFJF.

Com a proposta desenvolvida foram realizados os testes de laboratório, a fim de validar o ambiente proposto, sendo os resultados apresentados no subcapítulo 4.3.3.

## 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo faz uma introdução à pesquisa apresentando a justificativa para a realização da mesma e na sequencia apresenta os objetivos a serem alcançados com o trabalho. Tendo em vista a amplitude do tema e o grande número de informações geradas ao longo do processo construtivo, este capítulo apresenta ainda a delimitação do escopo e um breve relato da metodologia a ser utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

O capítulo dois trata da revisão bibliográfica no qual são abordados os temas Informação e Rastreabilidade da Informação bem como as Tecnologias de Informação e Comunicação no ambiente da Construção Civil.

O capítulo três apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa baseada na *Design Science Research*. Apresenta ainda as etapas seguidas para a obtenção dos objetivos propostos.

No capítulo quatro, é desenvolvido o modelo proposto, que inclui a realização de testes para sua validação e um exemplo de sua aplicação voltado à segurança do trabalho.

O capítulo cinco se reserva às considerações finais da pesquisa bem como as sugestões para novas pesquisas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.*

(Albert Einstein)

Tendo em vista os objetivos pretendidos para o trabalho, este capítulo apresenta os temas estudados de maneira a fornecer a fundamentação teórica necessária. Os temas dizem respeito à Informação associada à Tecnologia da Informação voltada ao processo construtivo de edificações.

### 2.1 INFORMAÇÃO E RASTREABILIDADE

Informação pode ser descrita como uma mensagem normalmente na forma de um documento ou mesmo de uma comunicação audível ou visível entre um emissor e um receptor (DAVENPORT, PRUSACK, 1998). Para O’Brien (2003), ela pode ser definida como sendo “dados que foram convertidos em um contexto significativo e útil para usuários finais específicos”. Cintra (1998) sumariza estes conceitos e considera que a informação pode ser definida como sendo dados que após processados passam a ter significado para o receptor, possuindo valor real ou percebido em relação às decisões atuais ou futuras.

Para O’Brien (2003), os atributos de qualidade da informação podem ser considerados segundo três dimensões:

- Tempo: prontidão, aceitação, frequência e período;
- Conteúdo: precisão, relevância, integridade, concisão, amplitude e desempenho;
- Forma: clareza, detalhe, ordem, apresentação e mídia.

Ou seja, a informação precisa estar disponível no momento necessário com o conteúdo adequado e na forma apropriada às necessidades daquele que irá recebê-la. A melhoria da qualidade das informações tem sido tratada por alguns autores como Vieira Netto (1993) que afirma que “trabalhar a informação é uma das principais armas da empresa na elaboração de seu planejamento, na condução de seus trabalhos, no relacionamento interno e externo, etc.”.

A informação deve ser analisada em um contexto maior chamado de Sistema de Informação que para O’BRIEN (2003), é um “conjunto organizado de pessoas, *hardware*, *software*, redes de comunicações e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização”. Ainda segundo este autor, o SI pode ser considerado como um “grupo de componentes inter-relacionados que trabalham juntos rumo a uma meta comum recebendo insumos e produzindo resultados em um processo organizado de

transformação” possuindo três componentes: entrada, processamento e saída. A entrada considera os elementos que entram no sistema para serem processados. O processamento envolve processos de transformação da entrada em produto. E por fim, a saída refere-se à transferência dos produtos resultantes do processo de transformação até seu destino final.

Tendo em vista a finalidade do sistema Laudon e Laudon (2011) definem SI como

[...] um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização. (LAUDON e LAUDON, 2011, p.12)

São vários os sistemas de informação existentes indo desde as comunicações informais (boca a boca), manuais (lápiz e papel) até aqueles que consideram recursos de *hardware* e *software*. Nas empresas de construção civil estes sistemas convivem, porém, o último, que faz uso dos recursos tecnológicos, deve estar inserido em sua estrutura gerencial. Conforme apontado por Cintra (1998), “nos processos de produção das empresas de construção civil, as ações são baseadas nas informações que são geradas nos vários níveis hierárquicos em que a sua estrutura está formada. O sistema de informações é, pois, o responsável pelo trâmite das mesmas no andamento deste processo”. Ainda segundo a autora, para que o SI seja eficaz e eficiente, é necessário que os diversos níveis hierárquicos da empresa recebam informações em qualidade e volume compatíveis com a decisão a ser tomada.

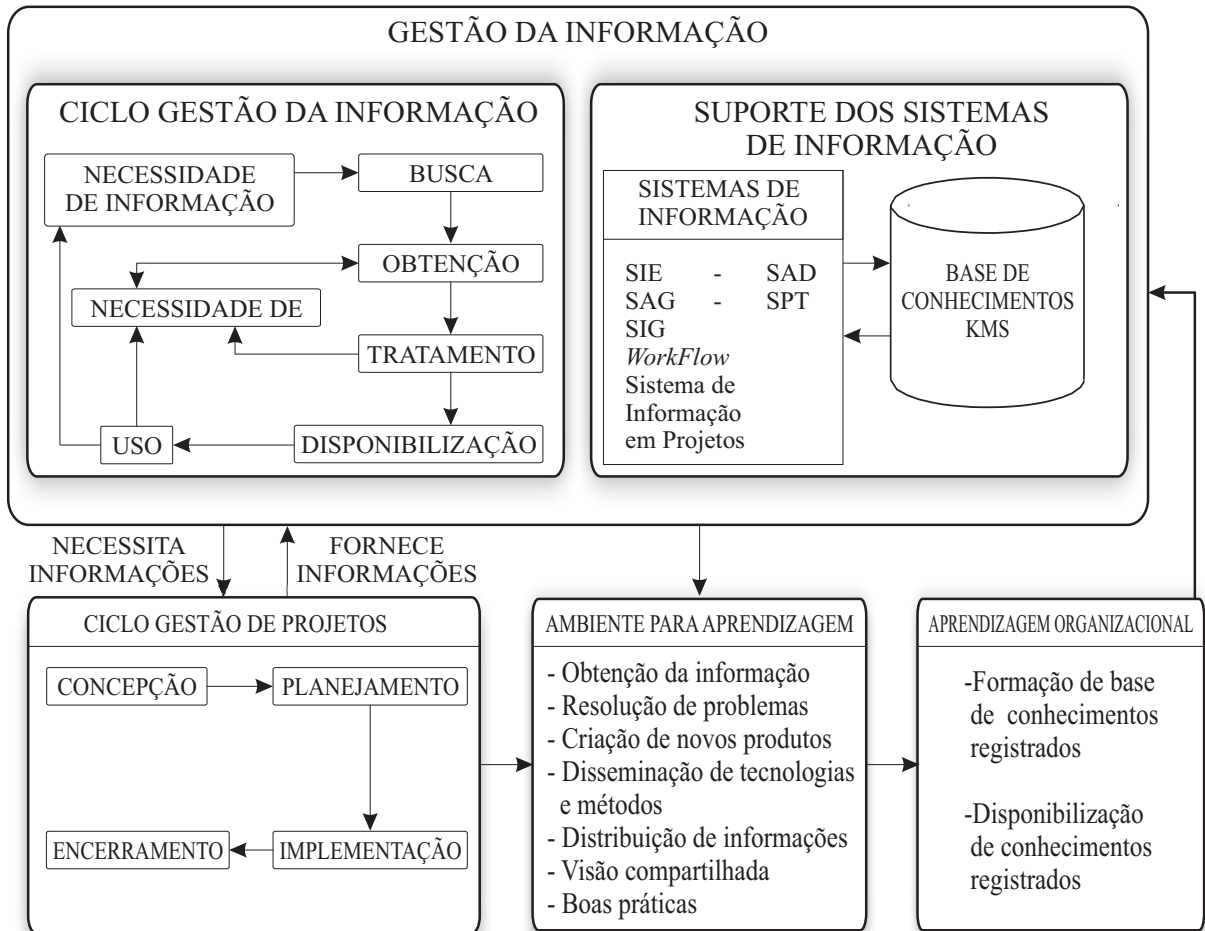
No que tange à gestão da informação, Canongia et al. (2001) afirmam que “a informação necessita ser gerenciada da mesma forma que os recursos humanos e materiais de uma organização”. Conforme apontado por Cardoso e Pereira (2005), a gestão da informação é “uma arma estratégica para a competitividade global”.

Aplicado à gestão da informação para aprendizagem organizacional em projetos empresariais, Monteiro e Falsarella (2007) afirmam que projetos consomem informação e geram informação com valor agregado, culminando em um ciclo de geração e aplicação de novos conhecimentos. Um exemplo de SI aplicado à gestão de projetos é mostrado na Figura 1.

Conforme apontado pelos autores, a gestão de informação na gestão de projetos ocorre em um ciclo que busca suprir a demanda por informação na fase de projeto. Neste sentido, a partir da necessidade de informação é feita a busca, obtenção, tratamento, armazenamento e disponibilização da informação no volume e qualidade desejada.

O fluxo acima descrito pode ser mais bem analisado segundo dois núcleos distintos: o Ciclo de gestão da informação e o Suporte dos Sistemas de Informação. A interação entre estes dois núcleos permite que a informação circule entre os Ciclos de gestão da informação e de projetos bem como alimente o ambiente para a aprendizagem.

Figura 1 – Fluxograma da organização da gestão da informação na gestão de projetos.



Fonte: Adaptado de MONTEIRO; FALSARELLA, 2007.

Considerando o primeiro núcleo no qual ocorre o ciclo da gestão da informação, tem-se como ação inicial a **necessidade de informação**, que se origina no momento em que surge a “ideia” influenciada pelo estado do momento da criação e necessidade de conhecimento adequado para suprir este momento.

A partir daí, tem-se a **busca e a obtenção** da informação pertinentes à atividade requerida. O responsável ativo pela gestão da informação inicia as buscas pela informação requerida. Para esta atividade, ele irá recorrer às várias bases de conhecimento disponíveis a fim de localizar a informação compatível com a necessidade. Esta busca pode percorrer inúmeros caminhos até atingir o objetivo de conseguir a informação confiável. Cabe destacar a contribuição das TICs neste processo.

Uma das consequências da obtenção da informação pode ser o armazenamento para posterior tratamento e disponibilização. No caso da informação receber pré-tratamento, ela passará por processos de filtragem a fim de aprimorar sua qualidade e atribuindo valor e dispensando informações desnecessárias ou inertes à contextualização. Consequência

deste processo de tratamento poderá ser seu novo armazenamento ou disponibilização aos requerentes, no caso, os projetistas. Entretanto, se nesta fase a informação não for suficientemente satisfatória será preciso retornar à ação anterior de obtenção de informação ou complemento para que na fase de tratamento ela seja novamente aprimorada. Então, entende-se que entre estas etapas, a informação pode passar por um processo recursivo e convergente a fim de aferir ou aprimorar informação necessária à próxima etapa do ciclo.

Após a etapa de tratamento da informação ser concluída, passa-se à etapa de **disponibilização** da mesma. Esta etapa ocorre de forma transparente. A informação fica liberada para utilização ou ela é direcionada a usuários específicos, de acordo com os requisitos iniciais da etapa de necessidade. A característica desta fase é a fácil recuperação da informação.

Seguindo o fluxo, a informação termina o seu ciclo após a etapa de disponibilização na sua **utilização** e ou realimenta o ciclo nas etapas de obtenção e tratamento consecutivamente. Isto pode ocorrer caso durante o processo de utilização se perceba a necessidade de complemento à informação disponibilizada. Assim, de forma recursiva a informação fica neste ciclo até atingir a precisão requerida para atingir o objetivo pretendido. Um reflexo natural deste ciclo é o possível surgimento de novas informações que poderão ser incorporadas à base de conhecimento da organização ou a geração de novas necessidades de informação o que reiniciará o ciclo do processo.

A fim de dar suporte aos ciclos da gestão da informação, há o **suporte dos sistemas de informação** que apresentam um conjunto de recursos voltados a possibilitar a obtenção, tratamento, otimização, armazenamento, recuperação e disponibilização para uso das informações que fluem pelo ciclo da gestão da informação. Dentro do suporte dos sistemas de informação, podem ser citados os *Knowledge Management Systems* (KM System ou KMS), ou seja, sistemas de gerenciamento de conhecimento, que será tratado por KMS para não confundir com Sistema de Gestão de Conteúdo (SGC). O KM System refere-se a sistemas informáticos de gestão do conhecimento nas organizações, apoiando a criação, captura, armazenamento e distribuição de informação e conhecimento, assim se tornando sistemas estratégicos de gestão do conhecimento dentro das organizações, uma vez que eles podem auxiliar na criação e manipulação das bases de conhecimento da organização.

A relação entre a base de conhecimentos e os sistemas de informação tem grande importância dada a capacidade de interfaceamento que os sistemas de informação proporcionam aos seus usuários/clientes. Destacam-se os sistemas de informação aplicativos dedicados à consulta e análise do conteúdo das bases de conhecimento, dentre eles o Sistema de Informação Executiva – SIE que está focado em indicadores de desempenho, análise e acompanhamento de metas; o Sistema de Apoio à Decisão – SAD que tem foco na análise de grande quantidade de dados e informação a fim de fornecer estimativas e alternativas

para dar suporte à tomada de decisão; o Sistema de Acompanhamento da Gestão – SAG otimizado com foco no acompanhamento dos resultados; o Sistema de Processamento de Transações – SPT elaborado com foco nas atividades do cotidiano das corporações tais como contabilidade, controle de estoques, equipamentos, etc.; o Sistema de Informação Gerencial – SIG que agrupa os componentes que coletam, manipulam e disseminam dados ou informações e seus processamentos; o Sistema de *WorkFlow* organizado para gerenciar e executar atividades que ocorram na sequência predeterminada com a expectativa de cumprir o objetivo inicial em função do tempo e o Sistema Integrado de Processos – SIP que é focado na automatização de atividades, muitas vezes burocráticas, visando agilizar a realização das atividades.

Ainda dentro do fluxo da gestão da informação, tem-se uma interface com a gestão de projetos. Projetos demandam informações ao mesmo tempo em que fornece novas informações à medida que o projeto se desenvolve. Isto é, a informação retorna ao ciclo anterior para ser incorporada à base de conhecimento da organização e desta forma em fluxo contínuo até a finalização e conclusão das tarefas do projeto, enriquecendo a base de conhecimento.

De forma objetiva, a gestão da informação e de projeto propicia um **ambiente para aprendizagem** que deve ser estimulado e aproveitado pela organização, possibilitando a criação de novos produtos e transferência de tecnologias e métodos, democratizando a informação, tornando a empresa mais competitiva.

O resultado obtido no ciclo anterior se torna essencialmente estratégico para a organização, passando à formação de base para conhecimentos e para disponibilização de conhecimentos dentro da empresa, fomentando assim a **aprendizagem organizacional** e **retroalimentando** o ciclo inicial da gestão da informação com conhecimento registrado ampliando a base de conhecimento da organização e disponibilizando o conteúdo desta base às atividades ou novos projetos.

### 2.1.1 Rastreabilidade da informação

Voltado à construção civil, o processo de projeto envolve a geração de uma grande quantidade de informações. Elas servem para alimentar o desenvolvimento de novos projetos e, além disto, como apontado por Melhado (1994), servem para alimentar a criação de um banco de tecnologia da empresa, mantendo a memória crítica do seu conhecimento acumulado. Para isso Cintra (2005) considera a necessidade de serem coletados e analisados os dados obtidos pela implementação física do projeto na obra.

Todo este processo remete à gestão do conhecimento que, segundo Davenport, Prusak (2002), pode ser entendido como um conjunto de processos que tem por objetivo a criação, o registro e a disseminação do conhecimento na empresa. A criação refere-se a todas as formas de obtenção de novos conhecimentos. O registro busca identificar e

organizar o conhecimento que seja útil para a empresa num formato que facilite o seu posterior resgate para utilização. Por último, a disseminação visa a transferência do conhecimento entre os membros da empresa. Dentro deste processo de criação, registro e disseminação do conhecimento, Cintra (2005) considera que as maiores dificuldades dizem respeito à captação e classificação do conhecimento e por isto desenvolve uma estrutura para organização do conhecimento da empresa.

O presente estudo pode ser considerado como uma etapa posterior ao trabalho de Cintra (2005) visto que trata da implementação de um ambiente lógico que pode operacionalizar uma estrutura de organização do conhecimento anteriormente desenvolvida. Neste processo, os registros assumem maior importância visto que serão os responsáveis por permitir a recuperação de uma informação previamente armazenada. Neste sentido podem ser rastreadas informações referentes a especificações técnicas de produtos, cuidados no seu manuseio, instruções de trabalho para sua instalação, etc.

Rastreabilidade, de acordo com o Glossário padrão de terminologia para engenharia de *softwares*, publicado pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos - IEEE (IEEE, 1990), pode ser definida como “o grau em que um relacionamento pode ser estabelecido entre dois ou mais produtos do processo de desenvolvimento” ou ainda “o grau em que cada elemento em um produto de desenvolvimento de *software* estabelece seu motivo para existir”.

Aiken, Muntz e Richards (1994) citam a rastreabilidade como elemento estrutural do conceito de engenharia reversa, permitindo a ligação de informações com seus dados característicos como estatutos e regulamentos. De acordo com os autores, a matriz de rastreabilidade pode ser usada para analisar os impactos quando ocorrem alterações de requisitos, otimizando comportamentos.

Abordar soluções para atender as demandas de rastreabilidade no ambiente construído é importante tanto para o processo de projeto quanto para a fase de execução e vida útil da edificação, facilitando a tomada de decisões, assegurando princípios de sustentabilidade e agregando valor aos sistemas de qualidade.

A rastreabilidade já é praticada em outros setores industriais tais como na indústria farmacêutica e na automobilística. Na primeira, a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, define na Resolução da Diretoria Colegiada – RDC, nº 54 de 2013, a ação de Rastreamento de Medicamentos, com fins de controlar e localizar qualquer unidade de medicamento produzido, dispensado ou vendido em território nacional (BRASIL, 2013). Na indústria automobilística a rastreabilidade também se faz presente uma vez que para a realização de um *recall* de peças, é necessário identificar quais veículos necessitam ser reparados (PAHL, 2012).

Estes são exemplos de aplicação com sucesso de rastreabilidade que possibilita



acompanhar um lote de medicamentos pela inserção de um código na caixa produto, enquanto na segunda é possível verificar as características de um carro pelo seu número de série. Em caso de peças com defeito é possível identificar através dos números agregados o lote produzido e proceder a substituição das peças.

Na construção civil, esta ainda não é uma prática corrente. Entretanto, a rotulagem de elementos componentes dos sistemas construtivos, materiais a serem utilizados nas atividades e documentos de suporte à realização destas atividades, tais como plantas de projetos, manuais de utilização, ferramentas, etc., são práticas que permitem a rastreabilidade dos dados/informações no ambiente da construção civil.

Uma das opções para esta rotulagem é o uso de etiquetas inteligentes tais como RFID e QR Code e outras *tags* rastreáveis que serão citadas mais a frente.

## 2.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - TIC

Os sistemas de informação por serem muito dinâmicos sofrem mudanças contínuas em suas tecnologias, provocando impactos nos negócios, nas empresas e nos mercados. Com o fluxo contínuo de inovações, a Tecnologia da Informação (TI) está transformando o mundo tradicional dos negócios (LAUDON e LAUDON, 2011).

A evolução no campo da TI com a utilização de sistemas computacionais (*hardware e software*) têm permitido avanços consideráveis nos campos da gestão e controle das mais diversas atividades nos diversos segmentos da economia. Facilitada por esta evolução, as fronteiras do mundo virtual avançam constantemente fornecendo ferramentas de apoio às tarefas realizadas pelas pessoas em suas atividades.

Em 2002 no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC, Nascimento e Santos apontavam os altos custos de manutenção, a falta de padrões de interoperabilidade entre os sistemas, a dificuldade dos profissionais em avaliar ou diferenciar as ferramentas de TI disponíveis no mercado, dentre outros, como obstáculos a serem vencidos para uma maior utilização das TIC neste setor.

Aquela época, Nascimento et al. (2003) constataram que as tecnologias com maior aplicação comercial no setor de AEC eram o *Computer Aided Design - CAD* e sistemas para cálculo de estruturas. Ainda segundo os autores, tecnologias mais genéricas como *Electronic Data Interchange - EDI*, *Enterprise Resource Planning - ERP*, *Product Data Management - PDM*, *Electronic Document Management System - EDMS*, *Workflow - WF* e aplicações de comércio eletrônico, *e-commerce*, eram pouco utilizadas.

Segundo Padilha e Marins (2002), os sistemas ERP são também chamados de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial. Eles integram e são supridos com todo o fluxo de processos e informações da empresa a fim de facilitar e controlar as tarefas e serviços, agilizando a gestão empresarial. Santos, Costa e Braatz (2011) fizeram um levantamento

bibliográfico na base *Science Direct* compreendendo o período de janeiro de 2000 a março de 2011, no periódico *Automation in Construction* (Elsevier) sobre a utilização dos sistemas ERP em empresas de Construção Civil e concluíram que é ainda pequena a produção de artigos que discutem a aplicação de ERPs na indústria da construção civil.

Outros recursos de TIC já vêm sendo utilizados, tais como sistemas relacionados a cálculos estruturais e elétricos, desenhos técnicos de projetos em 2D e 3D, folhas de pagamento, etc. Com o passar do tempo, sistemas de projeção, orçamentação, planejamento e acompanhamento de obras também começaram a se tornar mais acessíveis e utilizados.

Em 2002, a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC (2002) afirmava que os principais impactos esperados para a utilização da TI no ambiente construído eram “[...] desenvolvimento de sistemas computacionais para gestão que integrem diferentes processos gerenciais (por exemplo, planejamento, projeto, orçamento, etc.); uso de sensores e *hardware* portátil para monitoramento e controle gerencial e tecnológico [...]”.

De lá pra cá várias transformações ocorreram. Para Laudon e Laudon (2011), alguns exemplos destas transformações são as plataformas digitais móveis emergentes, sistemas e ferramentas colaborativas; computação em nuvem, serviços e ferramentas de *softwares* baseados em nuvem, redes 4G, comunicações unificadas, otimização de ferramentas de busca, plataformas móveis e em nuvem, etc.

Ainda dentro da evolução ocorrida, pode ser citado o aparecimento do *Content Management System* – CMS. Para Chagas, Carvalho e Silva (2008), o CMS, em português Sistema de Gerenciamento de Conteúdo - SGC, surgiu na década de 90 a fim de melhorar a gestão de conteúdo das páginas dos sites das organizações disponibilizadas na internet. Desde então diversos destes sistemas surgiram, sendo que muitos deles com o código livre e disponível para cópia e uso gratuito. Para os autores,

Um SGC possibilita a criação, o gerenciamento, a distribuição, a publicação e a recuperação de informações corporativas, sendo que o gerenciamento do conteúdo deve ser definido sob o ponto de vista das atividades das pessoas e dos seus objetivos (CHAGAS, CARVALHO e SILVA, 2008, p.1).

Em que pese o esforço e o sucesso da utilização dos recursos de TIC na gestão da empresa e no desenvolvimento de projetos, ainda persiste a dificuldade destes recursos chegarem ao canteiro de obras. “No geral, a utilização da TI nos canteiros é bastante baixa”, afirma o prof. Toledo da USP (TECHNE, 2012). Ele cita como exemplo uma série de tecnologias disponíveis, mas que são pouco ou nada utilizadas no Brasil, como a

“etiquetagem *Radio-Frequency Identification* (RFID) [...], *scanner* 3D e dos *tablets* para visualização de documentação de obra e captura de apontamentos e *checklists*”.

RFID é uma tecnologia de identificação automática, na qual a radiofrequência é utilizada para captura e transmissão de dados. Segundo Jaselskis et al. (1995), o uso da RFID já era previsto em aplicações como operações de concretagem, codificação de custo de mão de obra dentre outros. Em trabalho mais recente, Martins (2011) apresenta uma proposta para utilização de RFID na manutenção de edifícios.

Outra aplicação no campo da TI refere-se ao QR Code ou Código QR (sigla do inglês *Quick Response*). É um código de barras bidimensional que pode ser escaneado usando telefones celulares equipados com câmera e aplicativo decodificador. O código contido na imagem é lido e decodificado retornando um texto (interativo), um endereço *Web* orientado ou endereço de internet (URL - *Uniform Resource Locator*), um número de telefone, uma localização georreferenciada, um endereço eletrônico (*e-mail*), um nome de contato ou uma mensagem de celular (SMS - *Short Message Service*).

As duas tecnologias apresentam uma gama de possibilidades de aplicações a um baixo custo de operação especialmente quando associadas às plataformas de *softwares* livres. Essas tecnologias permitem que as informações sejam codificadas, armazenadas e associadas a conteúdos localizados em sistemas e ou bancos de dados. Desta forma as tecnologias auxiliam a organização do acesso e compartilhamento da tríade de dados, informação e conhecimento. Estas tecnologias são apresentadas nos itens 2.2.1.1 e 2.2.1.2.

### 2.2.1 Rotulagem

Ao longo do processo de evolução da humanidade, o indivíduo tem se comunicado fazendo uso de formas gráficas. Dos pictogramas das cavernas às elaboradas obras visuais, o indivíduo tem procurado se comunicar com a comunidade mandando suas mensagens, fazendo registros de informações e fatos importantes. Para isto, o indivíduo procurava suporte nas técnicas disponíveis à sua época.

No início, os registros eram realizados de forma rudimentar, com materiais disponíveis na natureza. Posteriormente as técnicas foram evoluindo e o homem prosseguiu criando seus próprios dispositivos e ferramentas para realizar a tarefa de registrar as informações que julgava necessárias e ou importantes.

De acordo com o dicionário Michaelis (2018), o termo rótulo é sinônimo de etiqueta e possuem a finalidade de indicar, identificar, descrever e informar sobre o produto e ou seu conteúdo. São elementos confeccionados em materiais diversos de acordo com sua utilização, colados ou incorporados a produtos com a finalidade de transmitir identificação e ou a informação pretendida.

Uma das formas mais usuais de utilização das etiquetas é a aplicação voltada à

identificação e descrição de produtos e ou mercadorias na indústria e comércio. Elas servem para descrever mais facilmente o conteúdo das embalagens e outras informações relevantes.

Pela diversidade de usos que as etiquetas permitem, sua utilização tem se tornado frequente e presente em várias áreas do cotidiano seja no âmbito profissional ou pessoal dos indivíduos. Exemplos de aplicação das etiquetas podem ser vistos em embalagens de alimentos, caixas de remédio, encomendas transportadas pelos correios, passagens aéreas, notas fiscais, etc.

Tornar as etiquetas mais descritivas e identificáveis é um desafio eminente. Os rótulos de um modo geral são capazes de concentrar um conjunto determinado de informações que podem variar na forma em que são elaboradas para sua visualização e percepção. Por exemplo, rótulos de alimentos podem incluir dados e informações sobre sua composição, valores nutricionais tais como quantidade de calorias, nutrientes, vitaminas, etc., além de informações obrigatórias como data de fabricação, prazo de validade, etc.

Este trabalho considera a etiquetagem um método pelo qual se identifica um arquivo, real ou virtual, com um nome/index pré-determinado e que possibilite sua catalogação e organização de forma sistemática. O conteúdo a ser registrado na etiqueta vai depender da utilidade ou finalidade que o usuário pretenda para sua utilização.

Desta forma, este trabalho considera a aplicação das etiquetas inteligentes - *Smart Tags*, que são capazes de armazenar de forma codificada, em padrão impresso ou digital (dados armazenados em *chips*), informações projetadas para se ter comportamentos dinâmicos ou estáticos determinados previamente para sua finalidade.

Dentre as várias possibilidades de etiquetas inteligentes, são abordadas as etiquetas RFID e os códigos de resposta rápida, *QR Code*. Os padrões das etiquetas mencionadas permitem processos de armazenamento de informações que possibilitam que seja aplicada a *Web* orientação, ou seja, armazenamento de informações em *links* codificados para produzir acesso à rede de computadores a qual estejam conectados os terminais leitores.

#### 2.2.1.1 *Etiqueta padrão RFID*

A tecnologia RFID tem sua origem ainda na Segunda Guerra Mundial. Avanços tecnológicos continuaram nas décadas de 50 e 60, com pesquisas nos Estados Unidos, países da Europa e Japão sobre como a energia de radiofrequência poderia ser usada para identificar objetos remotamente (ROBERTI, 2005).

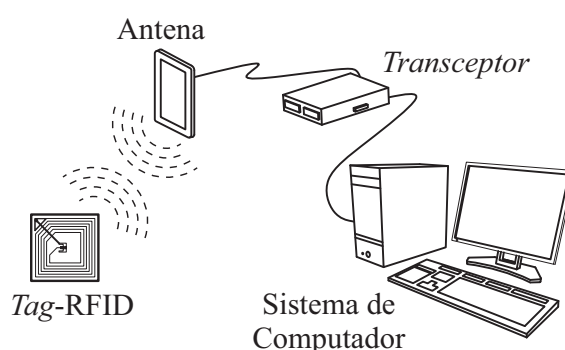
Segundo Tulla et al. (2009), o método mais comum de identificação é o armazenamento de um número de série que identifica algo ou alguém, ou mesmo uma informação, em um chip ligado à uma antena, compondo a tecnologia RFID. Segundo Ergen et al. (2007), “a tecnologia RFID é durável, pode ter uma memória grande que pode ser modificada e

não requer uma linha de visão”. Esta linha de visão é representada pelo alinhamento da etiqueta com o dispositivo de leitura.

De acordo com Roberti (2005), o sistema começou a ser comercializado como etiquetas eletrônicas em itens de lojas a fim de dizer se aquele item havia sido pago ou não. A primeira patente americana de etiquetas de RFID com memória editável foi alcançada por Mario W. Cardullo no dia 23 de janeiro de 1973. A partir daí diversas evoluções da tecnologia foram feitas, tornando-a cada vez mais eficaz e de fácil utilização. No século XXI, o RFID auxilia no rastreamento de dados da cadeia de suprimentos de diversas empresas globais.

Segundo Finkenzeller (2010), o sistema RFID consiste em dois elementos principais: o *transponder* (*tag*), localizado no objeto, e o detector, entendido como um dispositivo de leitura, *transceptor*. Os leitores também podem estar equipados com uma interface adicional, cujo objetivo é transmitir os dados para outro sistema, como um computador que funcione como sistema de controle (Figura 2).

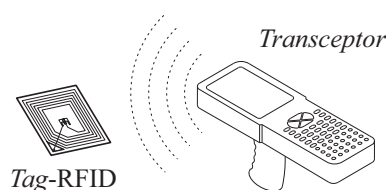
Figura 2 – Ilustração do sistema de leitura tradicional para etiquetas RFID com transceptor.



Fonte: Autor (2017)

Com os avanços tecnológicos, outros sistemas de leitura sensivelmente compactos e que já incorporavam mais de uma parte necessária à utilização do sistema foram surgindo o que facilitou a popularização e utilização das etiquetas em maior escala nos setores da indústria e comércio. Na figura 3 tem-se um leitor portátil e autônomo.

Figura 3 – Exemplo de sistema para leitura portátil de etiquetas RFID



Fonte: Autor (2017)

Li e Becerik-Gerber (2011) classificam o uso da tecnologia RFID na construção civil em diversas possibilidades, iniciando pelo almoxarifado com a separação e organização do

material necessário, localização de elementos subterrâneos, monitoramento do progresso, prevenção de acidentes e controle da qualidade.

Já Tulla et al. (2009) identificam fortes potenciais para o uso do RFID no âmbito da construção civil. Para os autores, “as aplicações sugeridas para o futuro incluem o controle guiado de equipamentos, etiquetas que podem comunicar fadiga ou estresse excessivo em elementos de concreto e aço e conceitos para gerenciamento de segurança.”

Ainda de acordo com Tulla et al. (2009), o uso da tecnologia RFID também se destaca na chamada gestão de *facilities*, cujo objetivo é a integração de atividades do ambiente construído e a gestão do impacto de cada tarefa sobre os usuários e o espaço. Portanto sua utilidade não se restringe apenas às fases de execução do edifício, mas também está no uso e possível processo de demolição.

Por outro lado, Tulla et al. (2009), discutem as razões para a lenta instalação da tecnologia RFID no setor da indústria da construção civil, em função do caráter fragmentado do mercado e falta de padrões pré-estabelecidos. Entretanto, o preço da tecnologia vem sendo cada vez mais baixo, permitindo sua adoção em diversos setores.

Um exemplo de aplicação no ambiente construído está nos elementos de controle de incêndio no aeroporto de Frankfurt, Alemanha, onde cada elemento possui uma etiqueta RFID com informações sobre a última atualização de manutenção do mesmo (LEGNER e THIESSE, 2006).

Cabe destacar que nesta pesquisa serão utilizados equipamentos de leitura baseados em telefonia móvel e portabilidade, dispositivos que em sua grande maioria vem equipado com a tecnologia NFC, sigla de *Near Field Communication*.

NFC é uma tecnologia que permite a transferência de dados em uma comunicação sem fio de curta direção, por aproximação. Surgiu em 2004, quando as empresas Nokia Corporation, a Royal Philips Electronics e a Sony Corporation, criaram o Fórum NFC para incentivar a implementação e a padronização da tecnologia NFC para assegurar a interoperabilidade entre dispositivos e serviços (PHILIPS, 2013).

NFC é também o nome da organização, *Near Field Communication Foundation*, que dá nome à tecnologia NFC. A chamada comunicação de campo próximo é uma ramificação do RFID, com a diferença de que o NFC foi projetado para dispositivos de curta distância, tais como *smartphones*.

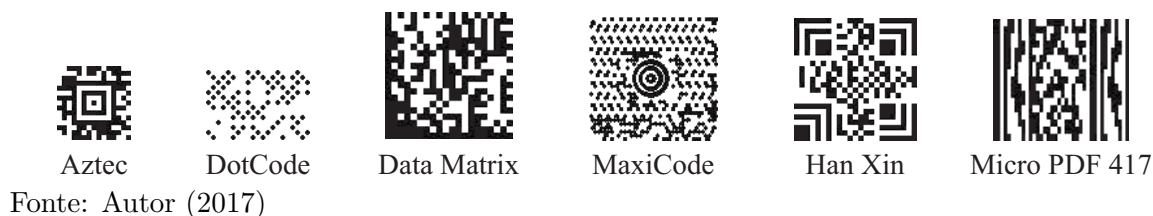
Um dispositivo NFC ativo pode coletar e trocar/comunicar informações com outros dispositivos, e até mesmo alterar informações em sua etiqueta, desde que autorizadas tais mudanças. Tulla et al. (2009) afirmam que a comunicação no NFC se baseia no acoplamento indutivo, ou seja, os aparelhos são conectados apenas segurando-os próximos.

O NFC é padronizado pela ISO 18.092 / ECMA 340 (NFCIP-1) que especifica a



desenvolvidos com o intuito de armazenar a maior quantidade de informações possíveis. A figura 9 apresenta alguns padrões de códigos bidimensionais rastreáveis.

Figura 5 – Outros Padrões de Códigos Bidimensionais Rastreáveis



As diversas vantagens da utilização do *QR Code* incluem o baixo custo, uma vez que Denso Wave liberou a patente para domínio público: maior densidade de dados do que um código de barras linear e o fato de que quase a totalidade dos aparelhos celulares atualmente são equipados com câmeras e acesso à rede (SOON, 2008).

Segundo Kumar e Dhanunjaya (2015), um dos maiores empecilhos para a ampla utilização do *QR Code* é seu *design* quadrado e monocromático. Entretanto, algoritmos foram desenvolvidos para incorporar *QR Codes* em imagens, culminando em duas soluções possíveis, a manipulação da luminância e a cor do *pixel* da imagem ou substituição do módulo.

Para Soon (2008), as principais características do *QR Code* são: rápida leitura em todas as direções; adaptável a símbolos distorcidos; capacidade de restauração de um símbolo, mesmo com 30% de área danificada a leitura é possível; possibilidade de leitura de caracteres japoneses; possibilidade de mascarar o símbolo a partir de outros padrões; e, possibilidade rápida de criptografia, como forma de confidencialidade do código.

Ainda conforme o autor, um *QR Code* pode armazenar até 7.089 caracteres numéricos, 4.296 caracteres alfabéticos ou símbolos, 2.953 símbolos binários e 1.817 caracteres Kanji do alfabeto japonês. Um resumo das características do *QR Code* pode ser visto na Tabela 1.

Canadi, Hopken e Fuchs (2010) afirmam que o *QR Code* foi inicialmente utilizado para rastrear partes automotivas na manufatura, porém nos dias atuais sua utilização se desenvolveu, passando por rastreio comercial até *marketing* e entretenimento.

Porém Demir, Kaynak e Demir (2015) afirmam que apesar da praticidade de recuperação de informações que é permitida, o interesse em *QR Code* ainda se mostra incipiente. Em pesquisa junto a estudantes universitários, mais de 80% reconhecem *QR Codes*, porém apenas metade deles utiliza a tecnologia. Os autores acreditam que o *QR Code* adquirirá maior popularidade no futuro, quando a ferramenta se tornar mais compreendida na sociedade.

A facilidade de recuperação da informação é destacada por Vaz (2014) ao afirmar que “a utilização de *QR Code* ajuda a tornar o processo de rastreabilidade acessível para



Tabela 1 – Resumo de algumas características do QR Code

ITEM	DESCRIÇÃO
Configuração de versão	QR Code tipo 1 (21 x 21 modules) até QR Code tipo 40 (177 x 177 modules)
Nível de correção de erros	L Baixo, M Médio, Q Qualidade, H Alto
Tipo de caractere armazenável	Numérico, alfanumérico, binário e Kanji
Função anexada estruturada	16 divisões
Formato do código	Quadrado, inversão em preto e branco, padrão de pontos
Margem	4 módulos
Correção de erro	Nível de desgaste da etiqueta
L	Baixo 7%
M	Médio 15%
Q	Qualidade 25%
H	Alto 30%

Fonte: Autor (2017)

as empresas que desejam disponibilizar as informações ao consumidor final ou à cadeia de agentes participantes do processo, devido à facilidade de acesso às informações”.

## 2.2.2 Licenças de uso de softwares

Inicialmente destaca-se que as licenças de uso de *softwares* distribuídos e vendidos atualmente obedecem a características bem definidas em seus termos e que influenciam diretamente nas características de distribuição e aquisição de produtos e programas no mercado. Hoje há vertentes proprietárias de venda e distribuição que operam sobre o *Copyright* de autoria e são mais restritivas e financeiramente onerosas e as que operam sobre o *Copyleft* de autoria e são mais acessíveis e menos onerosas financeiramente.

Dentro das licenças de *Copyleft* há dois vieses, um que opera ideologicamente sobre as definições do *Free Software Foundation* e projeto GNU, ligados a seu idealizador Richard Stallman e as que operam através da iniciativa *Open Source* sem viés ideológico ligados a *Open Source Initiative* do idealizador Eric Raymond. Assim, as licenças possuem semelhanças, porém o *Free Software* não possui propriedade sob o *software*, respeitando suas quatro liberdades (abaixo descritas) ao contrário do *Open Source* que pode ter um proprietário conhecido e este por sua vez pode definir as ações sobre seu código fonte, por exemplo, todas as atualizações realizadas em um código devem ser submetidas ao criador original do código para aprovação.

Mesmo ocorrendo a divergência ideológica entre estes padrões de licenças, isto não se torna impedimento para a utilização de *softwares* licenciados sob uma ou outra licença, porém as duas estão bem distantes das limitações de licenças *Copyright* proprietárias, o que as torna válidas para o desenvolvimento da presente proposta.

A adoção de produtos sob estes padrões de licenças se dará pela disponibilidade

dos *softwares* de interesse e sua forma de distribuição/licenciamento, ficando a critério de quem vai elaborar a estrutura lógica proposta.

O conceito *Open Source* surge do ideal de distribuição livre e gratuita, com a possibilidade de utilização e/ou modificação de suas partes desde que o autor original seja creditado (KATZ, 2011).

De acordo com Avital (2011), a condição de distribuir livremente qualquer produto deve passar por três esferas básicas: a visualização, que diz respeito ao compartilhamento; a modificação, considerando o compartilhamento dos resultados e as melhorias efetuadas no projeto; e, o uso, que se refere ao compartilhamento da propriedade criada.

Cinelli et al. (2016) afirmam que a maioria dos projetos *open source* são protegidos por licenças *Creative Commons* (CC), que garantem a abertura própria deste conceito. Dentre as licenças de *software* livres mais difundidas no segmento de TI e que adotam a filosofia *Open Source*, podem ser citadas:

### 1) GNU General Public License (GNU GPL):

Esta licença é aplicada à produção de Softwares Livres e possuem quatro liberdades básicas:

- Executar o programa para qualquer finalidade;
- Estudar o código do programa e como ele funciona e proceder às adaptações conforme a necessidade do usuário da licença;
- Redistribuir cópias idênticas/modificadas com finalidade de ajudar ao próximo;
- Aperfeiçoar o código do programa e disponibilizar as alterações/modificações com finalidade de beneficiar toda a comunidade.

Uma das premissas principais nesta licença é o acesso ao código-fonte. Sem ele nenhuma das ações acima poderia ser realizada e não produziria os efeitos de forma ampla. A garantia destas liberdades permite que um *software* sob a licença GPL sejam distribuídos, usados e reaproveitados mantendo os direitos do autor.

Informações sobre a licença podem ser encontradas em:

<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

### 2) Apache Licence v2.0:

É uma licença para *software* livre de autoria da *Apache Software Foundation*. Tal licença permite que o *software Apache* seja usado em qualquer projeto, desde que sejam obedecidos os termos e condições contidos na Licença de Uso. Ela permite o uso e distribuição do código-fonte tanto no *software livre*, quanto no proprietário. Entretanto, exige a inclusão do aviso de *copyright* (direito autoral), termo de responsabilidade (informa os direitos e as responsabilidades assumidas e não assumidas pelo autor) no produto.

Informações sobre a licença podem ser encontradas em:

<http://www.apache.org/licenses>

### **3) Mozilla Public License - Mozilla v1.1:**

É uma licença para *software* livre de código aberto. Esta licença define que o código-fonte copiado ou alterado sob ela deve continuar sob a mesma licença. Entretanto, é permitido que esse código seja combinado em um *software* com arquivos proprietários. Além disso, é possível criar uma versão proprietária de um código sob a licença Mozilla. Esta licença também permite a redistribuição do código produzido, mas obriga a inclusão de citação do autor.

Informações sobre a licença podem ser encontradas em:

<http://www.mozilla.org/MPL/>

### **4) Licença Berkeley Software Distribution - BSD:**

É uma licença de código aberto que teve sua origem nos sistemas operacionais com base no sistema operacional UNIX e que foram distribuídos sob a licença BSD. Ela impõe poucas restrições e a Licença é considerada de domínio público podendo ser alterada sem restrições desde que seja informado o nome do indivíduo ou organização responsável pela modificação. Esta licença permite que o *software* desenvolvido sobre a licença BSD seja incorporado a produtos proprietários ou anexado a outras licenças.

Informações sobre a licença podem ser encontradas em:

<http://www.opensource.org/licenses/bsd-license.php>

### **5) Licença Instituto de Tecnologia de Massachusetts - MIT:**

Esta licença foi criada pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts e pode ser aplicada tanto em *softwares* livres quanto em *softwares* proprietários. Ela não impõe nenhuma restrição de uso, permite o uso, modificação e distribuição sem obrigatoriamente do *copyright*. Assim qualquer grupo pode modificar o código e a licença com o objetivo de atender suas necessidades. Por não ter cláusula de endosso, ela facilita o direito a usar, copiar, modificar, mesclar, publicar, distribuir e vender cópias do *software*.

Informações sobre a licença podem ser encontradas em:

<http://www.opensource.org/licenses/mit-license.php>

## **2.2.3 Softwares para implementação do ambiente**

Ao se desenvolver um ambiente de suporte a serviços vários *softwares* são utilizados. Eles devem ser instalados em uma CPU – Unidade de Processamento Computacional, ou seja, um computador que irá trabalhar em modalidade servidor de serviço conectado à rede lógica com acesso à rede local ou internet para que o sistema possa operar e ser

acessado pelos usuários/clientes. A seguir são apresentados alguns destes *softwares*.

### 2.2.3.1 Sistema Operacional

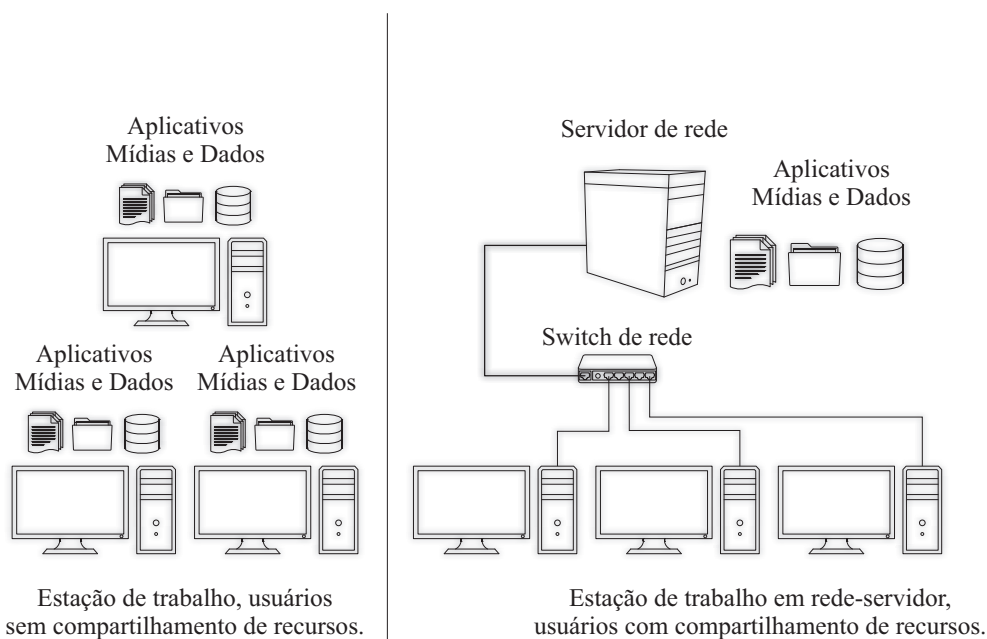
É um *software* implantado em uma CPU capaz de criar um ambiente para gerenciar e controlar os recursos do sistema e as informações que transitam entre as várias partes do computador. Isto é, ele faz com que os dados sejam processados e seus resultados provoquem os efeitos desejados.

### 2.2.3.2 Sistema Servidor

É um *hardware* computador que compartilha recursos e serviços centralizados nele com vários usuários simultâneos de forma local ou remota através da comunicação em rede estabelecida local ou pela internet. São os servidores de rede.

Todos que estiverem conectados à rede do servidor e que tiverem autorizações atribuídas poderão utilizar dos recursos e serviços alocados no equipamento. A figura 6 ilustra a estrutura cliente servidor.

Figura 6 – Exemplo de estrutura cliente servidor.



Fonte: Autor (2017)

São vários os tipos de servidores existentes podendo ser citados:

- Servidores de correio eletrônico: para comunicação via correspondência eletrônica, também conhecida por *eletronic-mail* (*e-mail*);
- Servidores de arquivo ou FTP: possibilitam disponibilizar repositórios de arquivos para *download* remoto pelo protocolo *File Transfer Protocol* (FTP);

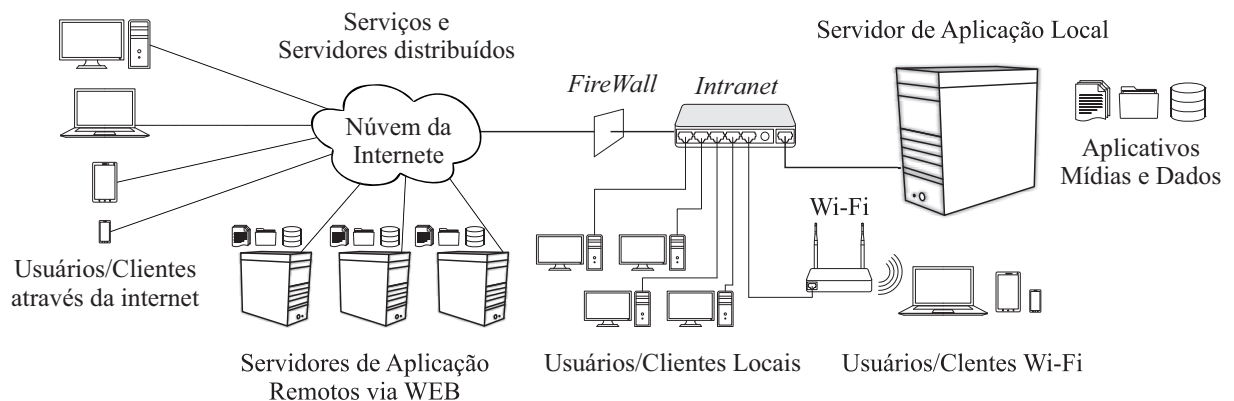
- Servidores de impressão: permitem compartilhar periférico de impressão em uma rede;
- Servidores *Web*: permitem compartilhar o ambiente necessário à exibição de páginas *Web/sites*, também conhecido por servidor HTTP ou servidor *Apache*, que é uma distribuição livre;
- Servidor de Banco de Dados: permitem o armazenamento de dados;
- Servidor *Content Management System* - CMS: permite compartilhar a estrutura de um *framework* para a gestão de conteúdo, dados e informações. Trabalha em conjunto com um servidor de banco de dados;
- Servidor PHP: dá suporte e permite que outras estruturas servidoras programadas em linguagem PHP possam ser executadas;
- Servidor de autenticação: utilizado para controlar de forma segura e confiável a autorização e acesso à rede onde está instalado.

### 2.2.3.3 Servidor WEB/HTTP

É um *software* instalado em uma CPU com acesso à rede local ou internet que tem a capacidade de compartilhar conteúdo e serviços virtuais nele armazenado quando solicitações externas são realizadas por computadores de usuários/clientes.

É o principal responsável por prover o ambiente de existência de outros sistemas que necessitem interfaceamento com o usuário/cliente local ou remoto. A Figura 7 apresenta uma estrutura genérica de ligação de *hardware* servidora e seus clientes de acesso *Web*.

Figura 7 – Estrutura física de distribuição e acesso a servidores.



Fonte: Autor (2017)

### 2.2.3.4 Servidor Banco de Dados

Servidores e Bancos de Dados são ambientes de *software* elaborados para organizar e indexar informações e prover seu acesso quando solicitado por alguma chamada de

serviço. Na Figura 7 anterior observamos a indicação de banco de dados em paralelo às aplicações nos servidores locais ou remotos.

#### 2.2.3.5 *Servidor CMS*

O *framework* refere-se à programação resultante da estruturação de várias funções, procedimentos e rotinas abstratas que servem de base para várias funcionalidades em comum a várias aplicações.

É uma forma de otimizar a execução de inúmeras atividades semelhantes que convergem para funcionalidades comuns por pertencerem a um mesmo domínio de problema.

O CMS pode, na maioria das vezes, usufruir das vantagens do *framework*, porém, possui uma estrutura mais abrangente voltada à gestão do conteúdo armazenado no servidor de banco de dados. Ele é essencialmente um facilitador, um *software* desenvolvido para disponibilizar recursos, dar suporte e agilizar a criação, edição, publicação e distribuição de informações em páginas *Web*. Ele tem uma estrutura pré-organizada de páginas de conteúdo que devem ser preenchidas com dados e informações que se queira compartilhar.

Uma das vantagens do CMS é que não necessita de conhecimento técnico especializado para colocá-lo em funcionamento. Desta forma, economizam-se recursos financeiros com programadores de sites ou profissionais para desenvolver e manter *Web Sites*.

Outra vantagem do CMS é a possibilidade de compartilhamento das várias soluções e funcionalidades a um universo de diferentes campos de utilização. Algumas de suas funcionalidades são: enquetes e questionários de pesquisa, formulários de sugestão, gerenciamento de usuários, fórum de debates e formulários de contatos.

Em resumo, o CMS/*Framework* facilita e agiliza a utilização de ferramentas *Web* e de gestão estratégica de conteúdos, simultaneamente reduzindo os custos de implantação e de desenvolvimento de sistemas dedicados e ou proprietários.

### 3 METODOLOGIA

*“Não é o mais forte da espécie que sobrevive,  
nem o mais inteligente. É aquele que se  
adapta melhor as mudanças.”*

(Charles Darwin)

O método de condução da presente pesquisa se baseou na Ciência do Projeto, também conhecida como *Design Science*, visto que a mesma tem como objetivo a realização de pesquisas orientadas à solução de problemas (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015).

A *Design Science* tem sua origem ainda no século XV, quando Leonardo da Vinci percebe a importância das ciências da engenharia e inventa soluções para problemas não baseadas em fundamentos da física tradicional. Um marco importante da *Design Science* está no ano de 1969, quando Hebert Alexander Simon cita na sua obra “As ciências do artificial”, a preocupação com “a maneira como as coisas devem ser para alcançar determinados objetivos, seja para solucionar um problema conhecido ou para projetar algo que ainda não existe” (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015).

A ação em si não é o mais importante na *Design Science* mas, o conhecimento utilizado para projetar as soluções. Além disso, uma forte característica dessa metodologia é sua possibilidade de avanço em pesquisas multidisciplinares, o que justifica sua utilização na presente pesquisa.

Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015), o método que operacionaliza a condução da pesquisa em *Design Science*, quando o “objetivo a ser alcançado é um artefato ou uma prescrição” é a *Design Science Research* na qual os artefatos podem ser construtos, modelos, métodos, instanciações e *design propositions*, consideradas contribuições teóricas feitas a partir da aplicação da *Design Science Research*. Para Van Aken (2011), *designs propositions* são um *template* genérico de desenvolvimento de soluções para uma determinada classe de problemas.

Para March e Smith (1995), modelos podem ser entendidos “como um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os *constructos*. São considerados representações da realidade e que apresentam tanto as variáveis de determinado sistema como suas relações”. Para Cintra (2005), um modelo é “uma representação simplificada de uma situação baseada em uma descrição formal de objetos, relações e processos” sendo que o modelo de processo fornece uma visão global do mesmo e desta forma permite conhecer a forma como o processo é realizado.

Existem na literatura vários autores que apresentam métodos para conduzir a pesquisa de *design science*. Neste trabalho, é utilizado o método proposto por Takeda et al. (1990), dada sua abrangência e simplicidade. A figura 8 mostra as etapas utilizadas

neste método.

Figura 8 – Modelo simplificado de condução de pesquisa em *Design Science*.



Fonte: Adaptado de TAKEDA et al. (1990)

A primeira etapa, de **conscientização** é tida como o pensamento sistêmico, de forma a analisar o objeto de estudo, seu contexto e relações que o envolvem. É quando se tem a formalização do problema. Na presente pesquisa, o problema principal refere-se ao grande número de informações geradas ao longo do ciclo de vida de uma construção (desde a concepção do edifício, seu planejamento, execução e manutenção no pós-obra) e que precisam ser gerenciadas.

Cintra (2005) discute em seu trabalho a necessidade de melhor integração e compartilhamento da informação entre os diversos atores envolvidos no processo de construção como forma de contribuir para o seu sucesso. A falta de informação ou informação insuficiente pode levar a uma série de problemas tais como a perda excessiva de materiais durante a obra, problemas na execução dos serviços, falta de controle do descarte adequado dos resíduos, etc.

As informações a serem tratadas na presente pesquisa referem-se àquelas presentes no “Repositório de informações para consultas futuras” conforme apontado por Valeriano apud Romano (2003) e que “constituem a memória do projeto e devem estar em condições de serem recuperados, consultados e entendidos em épocas posteriores, mesmo pelos que não estiveram direta ou indiretamente envolvidos no projeto”.

A etapa seguinte de **sugestão** refere-se à proposição de conceitos que auxiliam na resolução do problema. Na presente pesquisa, são usados os conceitos de *softwares* livres, licenças *open source* associados às etiquetas inteligentes e uso de tecnologias de comunicação móveis de maneira a compor um ambiente que permita a recuperação de informações previamente inseridas no ambiente criado.

Na sequência têm-se a etapa de **desenvolvimento** na qual são formuladas as soluções para o problema, utilizando os conceitos da etapa precedente. Dessa forma, são propostas ferramentas de recuperação da informação baseadas em recursos de TICs. Estas



dizem respeito às licenças descritas no item 2.2.2 por se tratarem de licenças que não geram ônus financeiro aos que utilizam *softwares* licenciados e distribuídos sob suas condições legais, dando segurança jurídica às empresas que as utilizam e *softwares* descritos no item 4.2.2 adotados por suas características de robustez e estabilidade, além do suporte e documentações mantidos pelas fundações e organizações internacionais que as representam. Para a escolha das etiquetas a serem utilizadas nos testes, foi aplicada a técnica da Matriz de Decisão, originária do modelo genérico de desenvolvimento de produto difundido por Eppinger e Ulrich (2012). Por fim foram ainda utilizadas tecnologias de comunicação móveis equipados com câmera e *software* capazes de proceder a leitura e decodificação das etiquetas aplicadas ao elemento de teste.

Por se tratar de um modelo genérico, o processo desenvolvido por Eppinger e Ulrich (2012) é facilmente adaptado às realidades das empresas e projetos, sendo interdisciplinar e, assim, justificando sua escolha enquanto ferramenta de apoio nesta pesquisa. No Capítulo 4, item 4.2.4 deste volume encontra-se o detalhamento do processo decisório e o resultado do refinamento final da análise pelos critérios da ferramenta multicritério de apoio à decisão. Ela foi utilizada como forma de sustentar a decisão sobre as etiquetas rastreáveis a serem utilizadas na fase de testes. A indicação de desenvolvimento converge para a utilização do código de resposta rápida, o QR Code.

Para a etapa seguinte, de **avaliação**, diferentes ferramentas podem ser utilizadas como a simulação, análise de custo, etc. Segundo Hevner et al. (2004), a avaliação pode ser feita de cinco formas distintas: observacional, analítica, experimental, teste e descritiva. No presente trabalho, foi realizada a avaliação experimental, que tem o foco na simulação do produto a partir de modelos virtuais e físicos.

Por fim, na **conclusão**, é verificada a eficácia do artefato gerado e suas contribuições para o ambiente construído em geral.

## 4 MODELO PROPOSTO

*“Se você puder tornar as coisas mais simples,  
terá prestado ao mundo um grande serviço.”*

(Steve Wozniak)

Neste Capítulo são apresentadas as etapas utilizadas para o desenvolvimento do ambiente proposto.

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A configuração proposta é elaborada para centralizar a operação de armazenamento e distribuição de conteúdo, possibilitando acesso descentralizado, rápido e hierarquizado das informações dispostas no ambiente do sistema servidor.

A fim de permitir maior flexibilidade de acesso são usadas tecnologias de conexão móveis comuns no cotidiano da maioria das empresas e pessoas, tais como *smartphones*, *tablets* e *notebooks*. Enquanto os primeiros podem realizar a leitura e decodificação dos conteúdos das etiquetas no local onde foram aplicadas, os *notebooks* podem acessar o mesmo conteúdo usando o código de identificação da etiqueta (que é único para a informação). Em ambas as situações faz-se necessária a existência de conexão de rede entre o servidor e o dispositivo móvel.

O uso destas tecnologias permite controlar a utilização do ambiente proposto. De um lado, o usuário tem facilitado o acesso aos dados e informações que foram previamente modelados e armazenados no banco de dados. Por outro lado, o sistema coleta informações de acesso em tempo real a serem disponibilizadas ao gestor da informação. Todo este processo é facilitado pelo uso da web orientação.

Ainda beneficiada pela tecnologia de gestão de conteúdo (CMS), a interoperabilidade e colaboração são garantidas no desempenho das atividades administrativas, pois estes sistemas são desenvolvidos com tecnologia *Web* servidor permitindo múltiplos acessos e simultaneidade de consulta e alimentação com dados e informações.

Com foco no objetivo específico, a estrutura lógica para a utilização do ambiente de *software* de gerenciamento de conteúdo leva em conta a cultura *open source*, que se baseia no código aberto e pode ser executado, copiado, distribuído, modificado e aperfeiçoado por todos os usuários (IWASAKI, 2008).

Assim, a estrutura lógica proposta utiliza modelos já consagrados e testados de *softwares* para criação do ambiente servidor apoiado na cultura *free software* adaptado às necessidades e realidade da empresa. Esta estrutura lógica também permite ser moldada em sistemas proprietários existentes em empresas que não operam *softwares* da cultura *open source*.

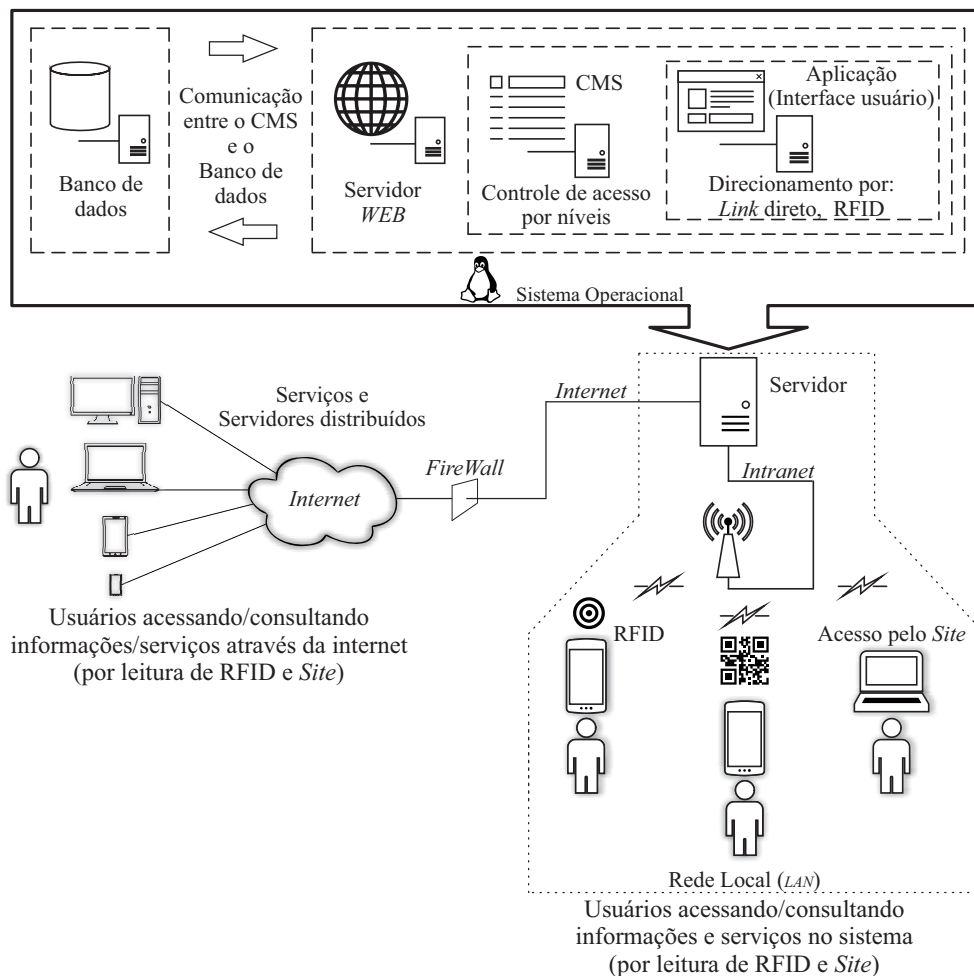
## 4.2 DESENVOLVIMENTO

A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível elencar os conceitos a serem trabalhados e que levaram à escolha dos softwares adotados para o desenvolvimento do ambiente proposto a seguir apresentado.

O ambiente é estruturado através de um arranjo de *softwares* em conjunto com as etiquetas inteligentes *Web* orientadas e os dispositivos móveis para acesso. A estrutura conta com um sistema operacional em modo servidor de rede que hospeda um servidor de banco de dados, um servidor *Web*, que provê suporte ao *framework/CMS*, que são interfaceados através de um navegador *Web*.

O CMS por sua vez possui duas interfaces, uma interface com usuário/cliente que tem acesso aos dados e funcionalidades do sistema, conforme disponibilizado pelo administrador do ambiente. E uma interface com o administrador que tem acesso ao núcleo de gestão do sistema para poder suprir o sistema com dados e informações, organizar o modo de exibição do conteúdo e colher informações para a gestão do sistema e emitir relatórios de *feedback*. A figura 9 apresenta a estrutura do ambiente proposto.

Figura 9 – Estrutura do ambiente proposto.



Os elementos presentes na estrutura estão relacionados a seguir:

- Servidor: *hardware*, computador ou microcomputador, necessário à instalação dos sistemas e módulos para a criação do ambiente virtual. Este equipamento pode ser local, dentro da empresa, ou remoto, fora da empresa ou serviço contratado de terceiros na “nuvem da internet”;
- Sistema operacional: responsável pela sustentação do ambiente virtual de operação dos *softwares* de aplicação. Ele gerencia os recursos de *hardware* e *software* do sistema. Possibilita o acesso simultâneo de várias conexões de usuários com consultas distintas por dispositivos individuais;
- Módulo banco de dados: responsável por organizar e indexar todas as informações depositadas no ambiente para consulta e armazenar os registros dinâmicos de acesso/consulta (rastreabilidade);
- Módulo servidor *Web*: responsável por criar e controlar a interface entre o ambiente de acesso e utilização dos módulos de aplicação, CMS e banco de dados;
- Módulo CMS: responsável pelo gerenciamento da interface entre o usuário e o sistema do banco de dados de consulta. Controla os registros de acesso e níveis hierárquicos de acesso. Este módulo é também responsável por controlar a alimentação do sistema através da interface do usuário com nível de acesso de administrador;
- Módulo de aplicação: Tem base no CMS e faz a interface com o usuário e administradores do sistema através do navegador *Web*;
- Terminais de consulta e gerenciamento: quaisquer equipamentos fixos ou móveis de comunicação que tenham suporte a navegadores *Web*, tais como computadores, *notebooks*, *smartphones* ou *tablets*;
- Etiquetas de *Web* orientação: as etiquetas QR Code e as etiquetas RFID são capazes de armazenar informações com *links* dedicados ou dinâmicos referentes às necessidades de informação previamente definidas (por exemplo, obra, elemento de construção, materiais, etc.).

Todos estes recursos podem ser agrupados nos itens: equipamentos, *softwares*, terminais de consulta e etiquetas *Web* orientadas, a seguir descritos.

#### 4.2.1 Equipamentos

Inicialmente é preciso uma CPU para a instalação dos *softwares* necessários ao ambiente proposto. O que determinará a especificação desta máquina serão os requisitos mínimos descritos nas especificações dos *softwares* utilizados para a criação do ambiente, bem como a quantidade de informação que se deseja armazenar no sistema. Para os testes foi utilizado um Dell *PowerEdge 2600 Server*, com seis discos de 36Gb de armazenamento.

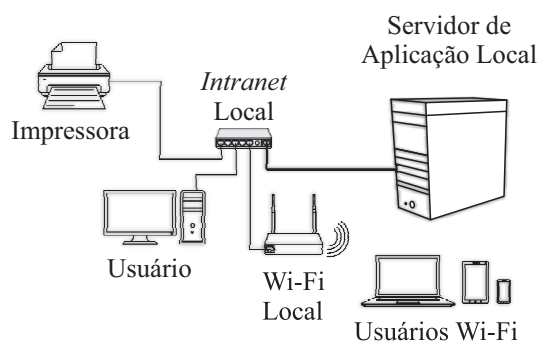
Outra especificação necessária para o *hardware* é a presença de uma placa de rede para conectar a CPU ao roteador a fim de configurar o servidor em rede. Para o ambiente usado para teste não foi necessário a especificação de uma placa adicional uma vez que o equipamento acima escolhido já vem com ela instalada de fábrica.

Além disso, faz-se necessário um roteador com suporte à conexão *Wi-Fi* e à rede cabeada, conectado na mesma camada de rede do servidor, para prover acesso aos dispositivos móveis. A estrutura de rede lógica local para os experimentos foi montada partindo-se do roteador e *Access Point Wi-Fi* TP-Link TL-WR941ND.

E por fim, faz-se necessárias as impressoras para proceder à impressão das etiquetas no padrão QR Code. Foram utilizadas duas impressoras para os experimentos, uma a jato de tinta HP *Officejet* PRO 8620 e outra a laser HP *Laserjet* PRO M201dw a fim de se testar a qualidade da impressão das etiquetas.

A figura 10 mostra a configuração adotada para a realização dos testes com o ambiente.

Figura 10 – Configuração adotada para a realização dos testes.



Fonte: Autor (2017)

#### 4.2.2 Softwares

Como anteriormente mencionado, a cultura do *software* livre é a base para a realização desta proposta. O *hardware* anteriormente definido irá determinar a escolha do sistema operacional a ser utilizado.

Para o ambiente usado para teste, foi utilizado o sistema operacional **LINUX**, mais precisamente a distribuição **DEBIAN 9**. Cabe ressaltar que esta é somente uma dentre as várias opções disponíveis para a tarefa. Isto é, poderão ser utilizadas outras distribuições Linux gratuitas bem como sistemas operacionais proprietários a critério do administrador de TIC.

Após a instalação do sistema operacional, o passo seguinte é a instalação do banco de dados, que irá armazenar de forma organizada e dedicada todo o conjunto de dados e

informações que nele forem gravados/incluídos através do CMS ou qualquer outro aplicativo que venha a ser instalado no equipamento.

Como ocorre com o sistema operacional, existem várias opções disponíveis na linha do *software* livre ou *Open Source*. No ambiente proposto, a opção de escolha para o sistema de banco de dados convergiu para a solução PostgreSQL por ser um projeto desenvolvido no âmbito da PostgreSQL *Global Development Group* que, sob a licença BSD, se tornou o mais recomendado.

Para dar suporte ao CMS e possibilitar os acessos necessários ao banco de dados, é preciso ainda a instalação de sistema servidor *Web*. Foi adotado o Servidor *Apache*. Essa escolha se dá por este ser o servidor *Web* mais instalado no mundo atualmente, ser *software livre* e por ser desenvolvido em uma fundação dedicada a manter e distribuir o código.

Na sequência, parte-se para a definição do CMS a ser adotado. Como ocorre com os *softwares* acima, sistemas CMS também possuem uma variedade de pacotes disponíveis gratuitamente. Para as análises do modelo pretendido, a solução adotada foi a distribuição Joomla versão 3.8.6.

Finalizando, será necessária a definição de um *software* codificador para QR *Code*. Neste caso, utilizou-se um site que gera os QR *Code on-line* e que atende à tarefa para a realização dos testes. Neste caso, a fonte não será citada, visto existirem várias possibilidades *on-line*, bastando apenas realizar uma busca simples pela *Web* para localizar um disponível.

Em resumo, para desenvolver o modelo lógico proposto serão necessários: uma CPU com boa capacidade de processamento e armazenamento; um sistema operacional preparado para servidor; um sistema servidor de banco de dados; um sistema servidor *Web*; um sistema de gestão de conteúdo; aplicativo para gerar os QR *Code* e dispositivos capazes de ler e interpretar estes códigos.

A proposta para a estrutura do modelo lógico é transparente o suficiente para poder ser desenvolvida em bases de *software* proprietários, ou seja, *softwares* com licenças adquiridas no comércio que a empresa já possua. Nada impede que as várias plataformas de *softwares* contratadas ou livres coexistam em uma mesma empresa a fim de atingir os objetivos propostos.

Os sistemas e suas referências, utilizados no modelo experimental, foram obtidos através de *download* dos *sites* das organizações e fundações responsáveis pelos mesmos, acesso em março/2017:

- Sistema Operacional: Linux/DEBIAN - <http://www.debian.org/>;
- Banco de dados: PostgreSQL - <https://www.postgresql.org/>;
- Servidor WEB: Servidor Apache - <http://www.apache.org/>;
- Servidor SGC: Joomla - <https://www.joomla.org/>.

### 4.2.3 Terminais de consulta

O acesso ao sistema pode ser realizado por equipamentos fixos (computadores) ou móveis (*notebooks*, *smartphones* ou *tablets*) que permitam a consulta às informações referentes às etiquetas. Esta consulta pode se realizar através da leitura das etiquetas ou pela inserção manual, no sistema, do código ID agregado às etiquetas.

Os computadores e *notebooks* para operar o sistema precisam de acesso à rede do servidor e do navegador *Web*. Os demais dispositivos móveis precisam de recursos em função da etiqueta utilizada, ou seja, RFID ou QR Code. Para a RFID, é necessário acesso à rede do servidor, navegador *Web* e capacidade de leitura no padrão NFC. Já para o QR Code, faz-se necessário também o acesso à rede servidor, navegador *Web* e uma câmera para captura da imagem do código.

No experimento realizado, foram utilizados equipamentos com os sistemas operacionais Android embarcados em um Galaxy Tab 6 e um *smartphone* Sony *Xperia M* embarcado com a distribuição CyanoGem Mod 6 baseada no sistema Android.

### 4.2.4 Etiquetas WEB orientadas

Para a definição da etiqueta a ser utilizada no ambiente proposto, foi aplicada a técnica da Matriz de Decisão. Ela permite convergir a escolha da etiqueta mais adequada a cumprir os parâmetros pré-estabelecidos para os testes do sistema. Isto não significa que as outras opções de etiquetas devam ser descartadas em definitivo. O interessado em implantar o sistema deverá verificar suas necessidades a fim de proceder à escolha da etiqueta que mais lhe atenda.

Para a realização do experimento foram utilizadas as etiquetas RFID e QR Code. Entretanto, para o balanceamento da Matriz de Decisão foi ainda acrescentado a etiqueta de Códigos de Barra Unidimensional. Foram oito os passos realizados:

- Definição do escopo;;
- Especificação de grau de importância;
- Atribuições de métricas ao grau de importância;
- Atribuições de valores marginais às métricas;
- Decisão com os elementos analisados;
- Resultado dos elementos analisados;
- Refinamento da Matriz de Decisão – Pontuação Balanceada;
- Refinamento da Matriz de Decisão – Resultado Final.

Para a definição do escopo, uma série de informações devem ser levantadas e referem-se à descrição do produto, objetivos financeiros principais, cliente principal, cliente secundário, premissas/restrições e *stakeholders* (cadeia de clientes).

A descrição do produto refere-se ao escopo da proposta pretendida. No caso, uma comparação entre *tags* a fim de alimentar o desenvolvimento de um sistema capaz de rastrear as informações referentes ao processo construtivo de edificações.

A proposta tem como objetivo financeiro principal a redução de custos na medida em que favorece uma recuperação mais ágil da informação buscada. Além disso, tem por cliente principal os gestores e profissionais atuantes no canteiro de obras e por cliente secundário, a empresa.

Quanto às restrições, é importante considerar a facilidade de aplicação da proposta bem como o baixo custo de sua implantação.

Por fim cabe destacar os *stakeholders* envolvidos no processo e tendo em vista a elaboração de uma dissertação de mestrado refere-se ao atendimento às exigências do curso, no caso, o PROAC e o orientador. A Tabela 2 apresenta um resumo do escopo descrito.

Tabela 2 – Definição do Escopo da Etiqueta a ser Utilizada

<b>Escopo</b>	<b>Definição do escopo de projeto</b>
Descrição do produto	Comparação de Etiquetas ( <i>Meta Tag</i> ) para rastreamento de informações, insumos e serviços na Construção Civil
Objetivos financeiros principais	Agilidade na pesquisa de informações, Eliminar informações divergentes, Facilitar a disseminação do conhecimento
Cliente principal	Gerentes e encarregados no canteiro de obras
Cliente secundário	Construtora
Premissas / restrições	Facilidade de aplicação e baixo custo de implantação
Stakeholders (cadeia de clientes)	Mestrado PROAC/UFJF, Orientador, Consultorias de qualidade

Fonte: Autor (2015)

No segundo passo, o pesquisador deve elencar uma série de necessidades a serem atendidas pelas etiquetas e atribuir a cada uma delas um valor de grau importância. Neste trabalho, foi adotada a escala de 1 a 5 em que o 1 refere-se à necessidade de menor valor enquanto o 5 à de maior valor. Cabe ressaltar que as necessidades consideradas foram discutidas de maneira a compor um referencial mais adequado ao experimento pretendido. As necessidades consideradas foram:

Como objetivos específicos têm-se:

- Custo de implantação do sistema;
- Facilidade de implantação;
- Capacidade de armazenamento da *TAG*;
- Não necessidade de equipamento dedicado exclusivamente à leitura;
- Pode ser *Web Orientado*;
- Sistema passivo de leitura;
- Estabilidade da tecnologia (imunidade a campo eletromagnético);



- Distância de leitura para aquisição das informações da *TAG*;
- Segurança de dados;
- Vulnerabilidade a ataques de hacker;
- Capacidade de correção de erro;
- Custo individual da *TAG*;
- Espectro de aplicação dentro do campo da construção.

Dentre os itens acima listados a maior importância, na opinião do pesquisador, refere-se ao custo de implantação, capacidade de *Web* orientação, estabilidade da tecnologia, segurança de dados, vulnerabilidade a ataques de *hackers* e capacidade de correção de erros. Já as de menor importância referem-se à capacidade de armazenamento e distância de leitura para aquisição de informações da *tag*.

A Tabela 3 apresenta o resultado desta etapa em ordem decrescente de importância das necessidades a serem atendidas pela etiqueta que irá compor o sistema em desenvolvimento.

Tabela 3 – Necessidades com Especificações e grau de Importâncias

NECESSIDADES	IMPORTÂNCIA
Custo de implantação do sistema	5
Capacidade de ser <i>WEB</i> Orientado	5
Estabilidade da tecnologia (imunidade a campo Eletromagnético)	5
Segurança de dados	5
Vulnerabilidade a acessos não autorizados	5
Capacidade de correção de erro	5
Não necessita de equipamento exclusivo (proprietário) para a leitura	4
Custo individual da <i>TAG</i>	4
Espectro de aplicação dentro do campo da construção	4
Sistema passivo de leitura	3
Facilidade de implantação	3
Capacidade de armazenamento da <i>TAG</i>	3
Distância de leitura para aquisição das informações da <i>TAG</i>	2

Fonte: Autor (2015)

No passo três, devem ser estabelecidas as métricas de cada uma das necessidades descrita no passo anterior. Estas métricas são necessárias para proporcionar a compreensão direta do desempenho de cada uma das soluções estudadas. Elas permitem que sejam feitas ponderações que auxiliam a execução dos passos seguintes. A Tabela 4 apresenta um resumo dessas métricas.

Na sequência, devem ser estabelecidos os valores marginais para cada uma das necessidades estabelecidas no quadro anterior. Estes limites marginais são valores limites e ideais para cada uma das necessidades.

Na Tabela 5, têm-se o resultado dos valores marginais assumidos para o trabalho.

Tabela 4 – Tabela de Métricas

Nº	NECESSIDADES	IMPORTÂNCIA	MÉTRICAS
1	Custo de implantação do sistema	5	R\$
2	Aceita <i>WEB</i> Orientação	5	Sim ou Não
3	Estabilidade da tecnologia (imunidade a campo Eletromagnético)	5	Sim ou Não
4	Segurança de dados	5	Sim ou Não
5	Vulnerabilidade a acessos não autorizados	5	Sim ou Não
6	Capacidade de correção de erro	5	Sim ou Não
7	Custo individual da <i>TAG</i>	4	R\$
8	Espectro de aplicação dentro do campo da construção civil	4	Lista
9	Dispensa equipamntos complexos e dedicados para leitura/decodificação	4	Sim ou Não
10	Sistema passivo de leitura	3	Sim ou Não
11	Facilidade de implantação	3	horas/homem
12	Capacidade de armazenamento da <i>TAG</i>	3	Em Caracter ou <i>kbites</i>
13	Distância de leitura para aquisição das informações da <i>TAG</i>	2	cm

Fonte: Autor (2015)

Tabela 5 – Métricas com Valores Marginais

Nº	NECES.	MÉTRICA	IMP.	UN.	ACEITÁVEL	IDEAL
1	1	Reduzir custos da infraestrutura de aplicação e leitura	5	R\$	-	-
2	11	Reduzir custos com treinamento de equipe	3	horas/homem	1,50h/h	0,30h/h
3	12, 9	Facilitar a utilização de equipamentos pré-existentes ( <i>smartphones</i> )	3	-	Novos	Pré-existentes
4	2, 4, 5	Possibilitar a centralização das informações	4	-	<i>Web Orientado</i>	<i>Web Orientado</i>
5	3, 10	Evitar interferência externa na manipulação das <i>tags</i>	5	-	-	-
6	13,6	Redução da possibilidade de erro na leitura	2	cm	$15 < \Delta < 25$	$5 < \Delta < 10$
7	7	Reduzir custos de produção e aplicação da <i>tag</i>	5	R\$	$< 2,50$	$< 0,15$
8	8	Possibilitar a aplicação diversificada das etiquetas	5	Lista	$>5$	$>15$

Fonte: Autor (2015)

No passo 6, é feita a decisão dentre os elementos analisados. Escolhe-se um deles e atribui-lhe o referencial 0 como base. Em seguida, compara-se as necessidades de cada elemento a este referencial atribuindo o sinal + ou - em função da métrica estabelecida.

No presente trabalho, foi assumida a etiqueta QR Code como sendo o referencial 0.

Como o RFID tem um maior custo para a implantação do sistema a ele foi atribuído o sinal (-), ou seja, ele se apresenta menos vantajoso que o referencial adotado. Por outro lado, como o Código de Barras tem um custo menor de aquisição, o sistema fazendo uso dele se apresentaria com um custo menor e, portanto, mais vantajoso que o QR Code (Tabela 6). Ao final da comparação, é realizado o somatório que indica quais dos elementos devem continuar na análise e quais devem ser inicialmente descartados (Tabela 7).

Tabela 6 – Decisão com Elementos Analisados

Nº	NECESSIDADES	RFID	QR CODE	Código de Barras
1	Custo de implantação do sistema	-	0	+
2	Aceita <i>WEB</i> Orientação	+	0	-
3	Estabilidade da tecnologia (imunidade a campo Eletromagnético)	-	0	+
4	Segurança de dados	-	0	-
5	Vulnerabilidade a acessos não autorizados	-	0	+
6	Capacidade de correção de erro	-	0	-
7	Custo individual da <i>TAG</i>	-	0	+
8	Espectro de aplicação dentro do campo da construção civil	-	0	+
9	Não necessidade de equipamento dedicado exclusivamente à leitura	-	0	+
10	Sistema passivo de leitura	-	0	+
11	Facilidade de implantação	-	0	+
12	Capacidade de armazenamento da <i>TAG</i>	+	0	-
13	Distância de leitura para aquisição das informações da <i>TAG</i>	-	0	+

Fonte: Autor (2015)

Tabela 7 – Resultado dos Elementos Analisados

Balaceado	RFID	QR CODE	Código de Barras
Somatório +	2		9
Somatório 0		13	
Somatório -	11		4
Pontuação	-9		5
RANK	3	1	2
Continuar a depurar	<b>DESCARTAR</b>	<b>COMBINAR</b>	<b>COMBINAR</b>

Fonte: Autor (2015)

Na sequência, deve ser feito um refinamento na matriz decisória. São atribuídos pesos às necessidades descritas anteriormente de maneira a determinar qual dos elementos analisados melhor atenderá às solicitações de projeto. Os pesos são atribuídos de maneira que os itens mais importantes para a eficácia do produto tenham uma pontuação maior e também ficam sujeitos à interpretação do pesquisador de acordo com suas hipóteses. A partir daí, são estabelecidos valores marginais (aceitáveis) e valores ideais. A comparação é feita tendo um item neutro em todos os critérios de seleção, e assim são atribuídas pontuações para mais ou para menos. O somatório das pontuações é multiplicado pelos

pesos atribuídos, obtendo uma pontuação balanceada, cujo somatório revela a necessidade de desenvolvimento da solução ou não, em função das características iniciais estabelecidas (Tabela 8). A Tabela 9 apresenta os resultados do somatório e a indicação de etiqueta que deve ser utilizada no atual estudo, no caso, o QR Code.

Para a realização dos ensaios, foi utilizado o *decoder* ZXing para a leitura das etiquetas QR Code.

Tabela 8 – Refinamento da Matriz Decisória – Pontuação Balanceada

Nº	NECESSIDADES	PESO	QR Code		C. Barras	
			Pontos	Balanceada	Pontos	Balanceada
1	Custo de implantação do sistema	25,00%	3	0,75	1	0,25
2	Aceita <i>WEB</i> Orientação	20,00%	1	0,2	0	0
3	Estabilidade da tecnologia (imunidade a campo Eletromagnético)	4,00%	2	0,08	2	0,08
4	Segurança de dados	5,00%	3	0,15	1	0,05
5	Vulnerabilidade a acessos não autorizados	2,00%	3	0,06	1	0,02
6	Capacidade de correção de erro	5,00%	4	0,2	1	0,05
7	Custo individual da <i>TAG</i>	5,00%	3	0,15	4	0,2
8	Espectro de aplicação dentro do campo da construção civil	2,00%	5	0,1	5	0,1
9	Não necessidade de equipamento dedicado exclusivamente à leitura	8,00%	2	0,16	1	0,08
10	Sistema passivo de leitura	2,00%	1	0,02	0	0
11	Facilidade de implantação	12,00%	4	0,48	2	0,24
12	Capacidade de armazenamento da <i>TAG</i>	5,00%	3	0,15	1	0,05
13	Distância de leitura para aquisição das informações da <i>TAG</i>	5,00%	3	0,15	2	0,1

Fonte: Autor (2015)

Tabela 9 – Refinamento Matriz Decisória – Pontuação Balanceada

Acumulado	QR Code	C. Barra
Pontuação total	2,65	1,22
RANK	1	2
Escolha desenvolver	<b>DESENVOLVER</b>	NÃO DESENVOLVER

Fonte: Autor (2015)

## 4.3 O EXPERIMENTO

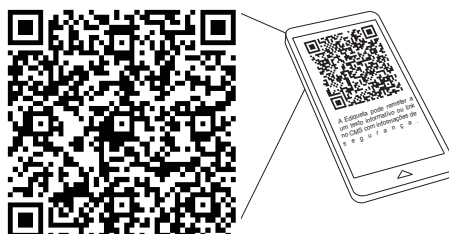
### 4.3.1 Considerações iniciais

Por ter um sistema de banco de dados, o ambiente para gestão da informação e conhecimento proposto pode armazenar dados e informações em vários formatos de mídia padronizados e organizá-los de forma a permitir sua distribuição e compartilhamento.

Textos, *links* para imagens e vídeos podem ser armazenados e disponibilizados para consulta com total controle do conteúdo. Um exemplo segue na figura 11. A leitura de um

QR Code permite direcionar o usuário/cliente à informação relacionada a um conteúdo específico, que neste caso é a frase: “O código QR pode ser lido usando-se um *tablet* ou *smartphone* e pode direcionar para texto técnico ou URL no CMS”.

Figura 11 – Exemplo de leitura do QR Code com um *smartphone*.

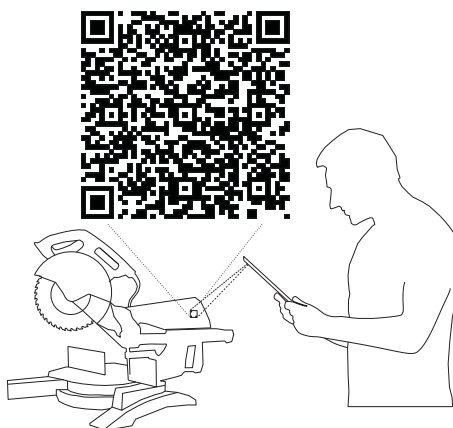


Fonte: Autor (2016)

Considerando os objetivos geral e específico proposto nesta dissertação, o sistema pode ser suprido com toda a informação necessária à execução das tarefas de serviço da empresa, conforme especificações completas do fornecedor/fabricante e projetista, e posteriormente, se for o caso, ser limitada na consulta aos aspectos que interessem somente ao interveniente responsável.

Na figura 12, têm-se um exemplo simples para aplicação prática. Um operador consulta as ordens de serviço para o equipamento, um fiscal de segurança do trabalho verifica as exigências de EPIs e pessoal autorizado para operar o equipamento ou um integrante da equipe de manutenção pode verificar o *status* de manutenção do equipamento.

Figura 12 – Exemplo de leitura de etiqueta QR Code aplicada a equipamento de trabalho.



Fonte: Autor (2016)

Além da facilidade de acesso à informação, algumas das características possíveis para o sistema são:

- Uniformização da informação técnica de serviços e manutenção;
- Concentração das informações sobre técnicas, procedimentos e materiais utilizados pelas construtoras em um mesmo ambiente;

- Possibilidade de customização e expansão do sistema para outras tarefas da empresa, tais como treinamentos e orientações de segurança e saúde do trabalhador;
- Eliminação da duplicidade de informações;
- Hierarquização da informação e do seu acesso pelos usuários e administradores. Esta característica permite que um interveniente não consiga visualizar as informações referentes às técnicas particulares aplicadas pela construtora para execução dos serviços;
- Manutenção dos registros de acesso das informações para ajudar na gestão dos serviços e dos processos de manutenção no tempo estipulado no manual;
- É possível manter uma “interface” personalizada para cada obra ou edificação realizada, sem necessidade de duplicar informações;
- Garantir ao usuário acesso à informação dos dados técnicos e manuais dos materiais e elementos que foram empregados na edificação a qual ele irá habitar;
- Possibilidade de criar um canal de comunicação com o usuário a fim de coletar informações estatísticas que subsidiem decisões da empresa, tais como aplicação de questionários após a ocupação, críticas a materiais aplicados, sugestões dos usuários que podem melhorar o desempenho da empresa.

Para a utilização do sistema, depois de implantado, será necessária uma equipe mínima para suprir o sistema com as informações pertinentes a tarefas e serviços referentes às atividades a serem realizadas. Conhecimentos técnicos básicos de informática e noções de edição são necessários aos usuários administradores e gerentes de mídia.

Tem-se a seguir uma breve descrição de cada operador necessário para a operacionalização do sistema:

- **Administrador:** pessoa responsável por inserir os usuários e gerenciar os níveis de permissões de acesso do sistema. Gerencia a hierarquia para que cada usuário só acesse as informações que lhes forem pertinentes. O administrador pode bloquear ou liberar conteúdos depois de sua avaliação para que se possa ter um controle da qualidade da informação publicada. Podem existir mais de um administrador simultaneamente se necessário.
- **Gerente de mídia:** É o responsável técnico pela organização e tratamento dos materiais e conteúdos aplicados ao CMS. Responsável também pela preparação e filtragem dos materiais técnicos que serão dispostos no sistema, organização dos conteúdos de consulta para cada nível de acesso e para cada *smart tag* configurada. Além disso, é também responsável pela impressão e ou gravação das *smart tags*. Podem existir mais de um simultaneamente, preferencialmente.

- **Usuários/Clientes:** podem ser quaisquer pessoas definidas pela empresa para cada nível de acesso. Para o modelo apresentado, o básico usuário será o interveniente proprietário da edificação. Considerando o objetivo amplo da proposta, os usuários serão todos os funcionários da empresa que exercerem tarefa diretamente ligada aos processos construtivos e de manutenção das edificações.
- **Equipe técnica de TI:** equipe de informática, local ou terceirizada para manter suporte aos sistemas informatizados e proceder às constantes atualizações de *software* e de pacotes de segurança, quando necessário.

#### 4.3.2 Exemplo de aplicação

Com o intuito de validar a aplicação desenvolvida, foi realizado um teste para a atividade de segurança do trabalho. Agir com segurança é ato instintivo do indivíduo em situações de risco eminente baseado em sua ontologia de perigo. Mas em atividades laborais o risco acidental pode passar despercebido em ações e atividades cotidianas básicas que imediatamente ou ao longo do tempo poderão provocar lesão, acidente ou morte do trabalhador.

A experiência acumulada já comprovou que prevenir acidentes é sempre mais vantajoso e financeiramente mais lucrativo do que tratar os resultados gerados pelos acidentes ao longo do tempo. Com o objetivo de garantir a segurança e saúde do trabalhador, a gestão da segurança no trabalho se torna essencial para planejar, executar e controlar as atividades laborais a fim de garantir segurança nos ambientes de trabalho.

A gestão da segurança é o resultado de um conjunto de iniciativas e ações da organização da empresa, que formalizada através de políticas, programas e ações institucionais, convergem para estabelecer as conformidades legais oriundas das exigências normativas estabelecidas para as atividades e relações trabalhistas. Seu objetivo é garantir que as atividades laborais sejam realizadas de maneira segura e saudável, e por consequência, trazer inúmeros benefícios tanto ao trabalhador quanto à empresa através da conformidade legal, ética e de responsabilidade social (Benite, 2004).

À luz da legislação brasileira, a NR-5 regulamenta a criação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) (Atlas, 2009). A obrigatoriedade de constituir a CIPA é prevista no caso em que os estabelecimentos tenham número igual ou superior a vinte empregados. Em estabelecimentos com número inferior a este a responsabilidade será designada ao profissional técnico da empresa a fim de atender as orientações e os objetivos da NR-5. Desta forma, sempre existirá a figura do responsável pela gestão da segurança no ambiente de trabalho.

A aplicação do modelo proposto tem potencial para facilitar a gestão da segurança, acelerar a disseminação da informação e métodos, possibilitar a coleta de dados em tempo

real, facilitar a avaliação dos dados obtidos e seus reflexos na gestão da segurança. Esta coleta de dados em tempo real é obtida através da web orientação.

A aplicação das etiquetas *Web* orientadas irá possibilitar acesso rápido às informações para a gestão da segurança dentro da empresa, facilitando a consulta das informações técnicas de segurança no local ou equipamento de trabalho. Além disso, possibilitará apoio e controle necessários para aprimorar o ganho em desempenho na gestão da segurança, garantindo uniformidade e conformidade nos métodos aplicados em todo o universo de serviços que a organização desempenhar.

#### 4.3.2.1 *Gestão da segurança do trabalho*

É crescente o número de empresas que entendem a importância de gerenciar o saber. O conhecimento que existe na empresa em diversas atividades é ativo valioso e de grande importância e não deve ser negligenciado. Muitas vezes, o conhecimento está disperso dentro da empresa. A gestão do conhecimento é a ferramenta que capacita gerenciar, distribuir e criar conhecimento com eficiência e eficácia para que uma empresa se torne competitiva em seu mercado (Barroso, 1999).

No Brasil, setores como segurança do trabalho e tecnologia da informação não evoluíram na mesma proporção de competitividade, apesar do expressivo crescimento do setor da construção civil nacional. Estes setores ainda necessitam de soluções tecnológicas inovadoras para agilizar os processos de tomada de decisão no canteiro de obras (Ceratto et al., 2014).

A popularização dos *smartphones* e *tablets*, dispositivos de comunicação móvel, tem se tornado uma das áreas de pesquisa mais importantes para aplicação na área de construção civil (Chen e Kamara, 2011 apud Ceratto et al., 2014). Desta forma é desejável aplicar estas soluções tecnológicas ao segmento das empresas da indústria da construção civil, sendo a Gestão da Segurança do Trabalho uma possibilidade viável.

A Gestão do Conhecimento é importante no cotidiano das empresas na organização do conhecimento que é gerado em inúmeras atividades e tarefas desenvolvidas. Assim, o conteúdo para alimentar o sistema fica a critério dos técnicos de segurança e fiscais responsáveis pelo gerenciamento de segurança da empresa, tais como: informações próprias, vídeo aulas, manuais, formulários, guia de instalação e utilização de máquinas e equipamentos.

Desde 1990, a legislação brasileira passou a garantir ao trabalhador benefícios previdenciários em caso de afastamentos superiores a 15 dias do trabalho por motivo de acidente relacionado à sua atividade profissional ou do trajeto para o trabalho, bem como das doenças ocupacionais oriundas de sua atividade laboral (Atlas, 2009). Garantir a qualidade e segurança no ambiente de trabalho é motivo suficiente para se praticar uma gestão eficiente da segurança, proporcionando uma melhor qualidade de vida ao



trabalhador.

Em 2007, através do decreto 6.042, a Presidência da República do Brasil alterou o regulamento da Previdência e Seguridade Social, instituindo e disciplinando a aplicação, acompanhamento e avaliação do Fator Acidentário de Prevenção (FAP). O FAP cria um índice variável baseado no histórico de acidentes de trabalho de uma empresa.

A Receita Federal define o FAP como o fator que afere o desempenho da empresa, dentro da respectiva atividade econômica, relativamente aos acidentes de trabalho ocorridos num determinado período (Receita, 2015).

Desta forma, o número de afastamentos por acidente de trabalho passou a influenciar diretamente o valor do Seguro Acidente de Trabalho (SAT), que passou a ser chamado de Risco Ambiental do Trabalho (RAT), incidindo sobre uma porcentagem da folha de pagamento da empresa. Gerenciar a segurança nas empresas é uma forma inequívoca de baixar custos dos encargos sociais e sua incidência na folha de pagamento (Afonso et al., 2011).

Além dos custos anteriormente descritos, ainda existem outros custos necessários relacionados à elaboração de documentos de obrigação legal imprescindíveis à boa gestão da segurança no trabalho na empresa como o mapa de riscos ocupacionais (MRO) e outros, como por exemplo, os citados nas Normas Reguladoras do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, tais como a NR-7, NR-9, NR-18, NR-15 e a Instrução Normativa nº 84 do INSS e listados a seguir:

- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);
- Programa de Conservação Auditiva (PCA);
- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT);
- Programa de Proteção Respiratória (PPR);
- Laudos Técnicos das Condições Ambientais de Trabalho (LTCAT);
- Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP);
- Consultoria Técnica Empresarial;
- Palestras;
- Treinamentos.

Encontrar uma solução tecnológica que auxilie na gestão da segurança do trabalho e que seja econômica e tecnicamente viável para ser aplicada a pequenas e médias empresas do setor se torna financeiramente vantajoso e desejável.

A estrutura proposta facilita gerir conteúdo em tempo real, possibilitando criar, inserir, editar e publicar qualquer conteúdo de interesse da segurança do trabalho e suas atividades, sem a necessidade de programação de códigos complexos. Ele pode funcionar

em ambiente próprio da empresa ou usar a internet na nuvem para este mesmo propósito.

#### 4.3.2.2 Implementação

Para dar suporte à gestão da segurança no canteiro de obras, apoiada pela tecnologia sugerida neste trabalho, será necessário primeiramente implementar a estrutura descrita no subcapítulo 4.2, em rede local da empresa ou através da utilização de espaços de hospedagem contratados em servidores corporativos de provedores especializados.

Depois de estabelecida a estrutura lógica em funcionamento, será necessária a inclusão de um administrador principal do sistema e posteriormente a criação de uma estrutura hierárquica de acesso para o gerente de mídia e demais usuários. Os níveis de acesso e permissões deverão ser definidos previamente.

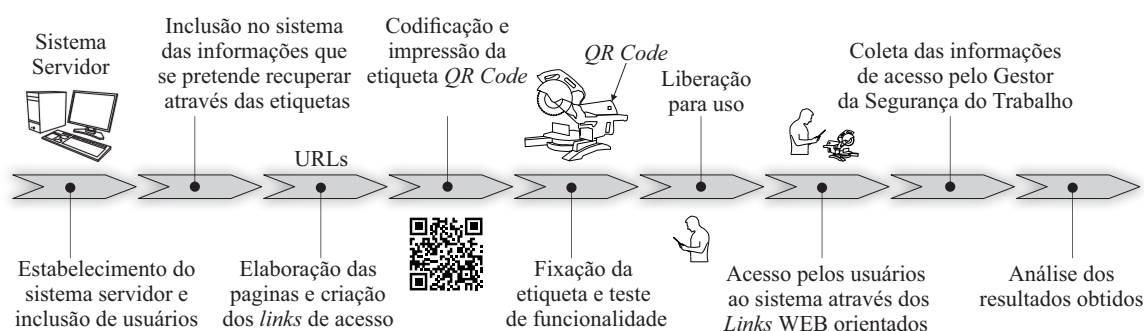
Na fase seguinte de implementação, deverá ser determinado o que se pretende contemplar em termos de dados ou o que se pretende que seja rastreado em termos de informação, atividade ou serviço.

Realizada a escolha do conteúdo, estes deverão ser inseridos no sistema para que se possa gerar e codificar os *links Web* orientados nas etiquetas escolhidas, no caso, o QR Code. As etiquetas deverão ser fixadas nos equipamentos para posterior acesso pelos dispositivos móveis de maneira a realizarem a leitura das mesmas.

Concluindo, após a utilização das leituras no cotidiano das atividades da empresa, ou seja, os usuários definidos terem praticado a consulta às etiquetas pré-instaladas, o gestor da segurança do trabalho poderá consultar dados de acesso no sistema para analisar e tomar suas decisões a cerca da gestão da segurança.

Na figura 13 tem-se o fluxo para a implementação do exemplo proposto.



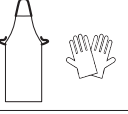

Figura 13 – Fluxo para implementação do exemplo proposto.



Fonte: Autor (2017)

Tomando como exemplo a segurança em instalações e dispositivos elétricos, especificamente referente às serras policortes, têm-se a seguinte necessidade de EPIs conforme descrito na Figura 14 a seguir:

Figura 14 – EPIs obrigatórios.

UTILIZAÇÃO OBRIGATÓRIA DE EPIs	
EPI	DESCRIÇÃO
	Protetor Facial: prevenir contra impacto mecânico, projeção de partículas, raios ultravioletas, luminosidade intensa e temperaturas elevadas.
	Abafador: prevenir contra ruídos altos, excessivos ou exposição prolongada a ruídos, protetor auditivo tipo concha ou de inserção (plug).
	Luvas e Avental: prevenir contra respingo de materiais em fusão, agentes cortantes, agentes escoriantes e proteção durante operações de solda.
	Sapatos: prevenir contra umidade, calor, agentes cortantes/escoriantes, respingo químicos, choques elétricos/mecânicos.

Fonte: Autor (2017)

Pode-se observar na Figura 15 um exemplo de leitura com um *tablet* do QR Code aplicado a uma etiqueta que no caso remete a uma tabela de EPIs (mostrada na Figura 14) obrigatórios para utilização da máquina policorte.

Figura 15 – Consulta à etiqueta afixada na máquina policorte.

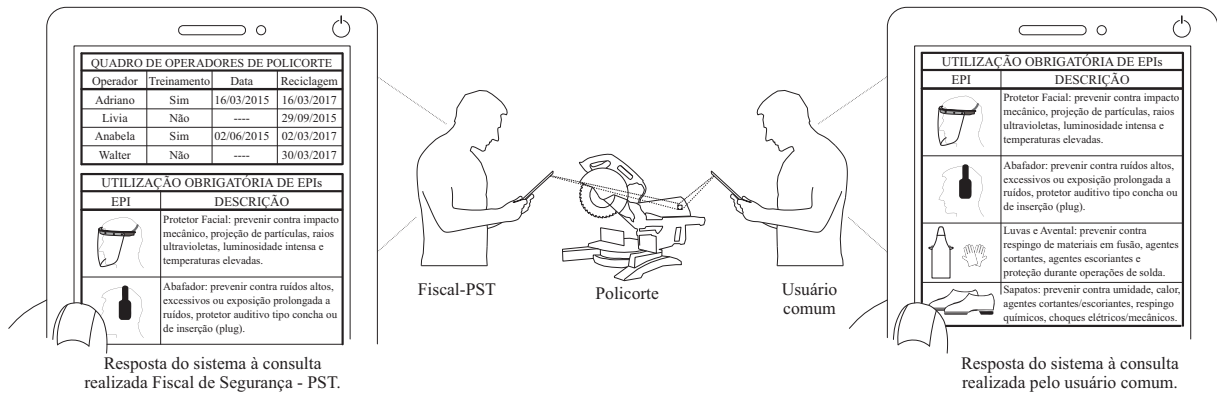


Fonte: Autor (2017)

Outro ponto positivo do ambiente proposto, é que usuários diferentes poderão ter acessos a conteúdos hierarquizados sobre um mesmo equipamento fazendo uso da leitura da mesma etiqueta. Por exemplo, o usuário vê o quadro de EPIs enquanto um fiscal pode verificar e coletar dados referentes ao acesso, tipo de acesso, material acessado, entre outras informações referentes à gestão da segurança (Figura 16).

Os dados coletados poderão ser utilizados pelo gestor da segurança para avaliar melhor os treinamentos, conformidade dos processos de segurança, etc., de forma a subsidiar

Figura 16 – Leitura de uma mesma etiqueta direcionando para conteúdos distintos.



Fonte: Autor (2017)

melhores práticas, técnicas e treinamentos no futuro.

Outra possibilidade é avaliar os treinamentos, com base no Nexo Técnico Epidemiológico (NTEP) (Brasil, 2007), que relaciona os ramos de atividades econômicas e suas respectivas doenças mais frequentes e estabelece uma relação entre a atividade laboral e as doenças ocupacionais recorrentes permitindo criar um histórico de resultados ao longo do tempo.

Pode-se também etiquetar as máquinas e dispositivos da empresa a fim de monitorar posteriormente as conformidades em termos de utilização e treinamentos de pessoal, ou seja, quem está treinado e habilitado a usar cada equipamento.

Em uma fiscalização, a informação pode ser acessada rapidamente através da etiqueta e o fiscal pode consultar rapidamente todas as informações de conformidade e segurança relacionadas ao equipamento e sua utilização pelo trabalhador. Em caso de não conformidade ele orientará o trabalhador da forma correta ou o notificará em caso de reincidência.

Dentre as várias possibilidades de gerenciar a segurança com a utilização do sistema proposto, o Mapa de Riscos Ocupacionais (MRO), também da NR-5 (ATLAS, 2009), tem potencial para ser utilizado. Ele é obrigatório nos vários ambientes de trabalho com a finalidade de reunir informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde no trabalho em cada local da empresa (ATLAS, 2009).

Acrescentar a etiqueta de código QR no mapa de riscos permitirá acesso a uma gama de informações úteis e não suportadas pelas atuais mídias. Isto é, além das informações obrigatórias como grau de exposição ao risco, relação de equipamentos obrigatórios, etc. podem ser incluídos acessos a vídeos de treinamento, manuais de equipamentos, etc. A figura 17 apresenta um exemplo de aplicação do QR Code em um Mapa de Riscos Ocupacionais.

Figura 17 – QR Code aplicado a um Mapa de Risco Ocupacional

<h1>MAPA DE RISCO OCUPACIONAL</h1> <p>Modelo com código QR WEB orientado</p>					
GRUPO	RISCO	COR	DESCRIÇÃO		
01	FÍSICO	 VERDE	Ruídos, Vibrações, Radiações ionizantes, Radiações não ionizantes, Frio, Calor, Pressões anormais, Umidade.	CANTEIRO 	
02	QUÍMICO	 VERMELHO	Poeiras, Fumos, Névoas, Neblinas, Gases, Vapores,	CARPINTARIA 	
03	ERGONOMICO	 AMARELO	Esforço físico, Levantamento e transporte manual de peso, rigidez na produtividade, ritmos excessivos, Trabalho em turno e noturno, ocorrência de estress físico e/ou psíquico.	SERRALHERIA 	
04	BIO SANITÁRIO	 MARROM	Vírus, Bactérias, Protozoários, Fungos, Parasitas, Bacilos.		
05	ACIDENTE	 AZUL	Arranjo físico inadequado, Maquinas e equipamentos sem proteção, Ferramentas inadequadas ou defeituosas,		
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO DE RISCO</b>  SEVERO  ELEVADO  MÉDIO  BAIXO			<b>EQUIPAMENTOS OBRIGATORIOS</b>    		 ID:73AG54

Fonte: Autor (2016)

#### 4.3.3 Simulação em Laboratório

A fim de testar e validar a proposta apresentada foi elaborado um experimento para o exemplo de aplicação mostrado no subcapítulo 4.3.2.2 anterior – Quadro de EPIs para manuseio da policorte (Figura 14). O espaço e equipamentos utilizados são do laboratório do Núcleo de Ergonomia e Sustentabilidade em Transporte, localizado na Faculdade de Engenharia da UFJF, ligado ao programa de Mestrado em Ambiente Construído.

As informações referentes aos EPIs foram introduzidas no ambiente virtual através do sistema gerenciador do CMS. As etiquetas QR Code foram impressas na impressora jato de tinta e na impressora a laser no tamanho 2 x 2 cm e fixadas no equipamento objeto do experimento (Figura 18). As leituras foram realizados com a primeira etiqueta. Após sua retirada, novas leituras foram realizadas com a segunda etiqueta fixada no equipamento na mesma posição.

O resultado esperado é que ao decodificar a etiqueta o usuário seja direcionado ao CMS, na página armazenada no ambiente virtual e que contém as informações sobre os EPIs. Na Figura 19 têm-se a etiqueta fixada na policorte e pronta para ser lida pelo dispositivo portátil preparado.

O dispositivo foi colocado junto à etiqueta e lentamente afastado até conseguir realizar a leitura. Na sequência, o dispositivo de leitura foi colocado a longa distância (acima de 1 metro) e foi sendo deslocado lentamente até conseguir realizar a leitura. Desta

Figura 19 – Processo de leitura com *Tablet*

Figura 18 – Etiquetas Impressa para o teste



Impressa a jato de tinta

Impressa a laser



Fonte: Autor (2017)

forma, foram obtidas duas leituras para cada etiqueta representando as distâncias mínimas e máximas com as quais foi possível realizar a leitura.

Considerando o equipamento utilizado para o experimento, as leituras obtidas seguem na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Distâncias de leitura realizadas com *Tablet*

Equipamento	Distância mínima	Distância máxima
Tablet Galaxy Tab 6	5 cm	36 cm

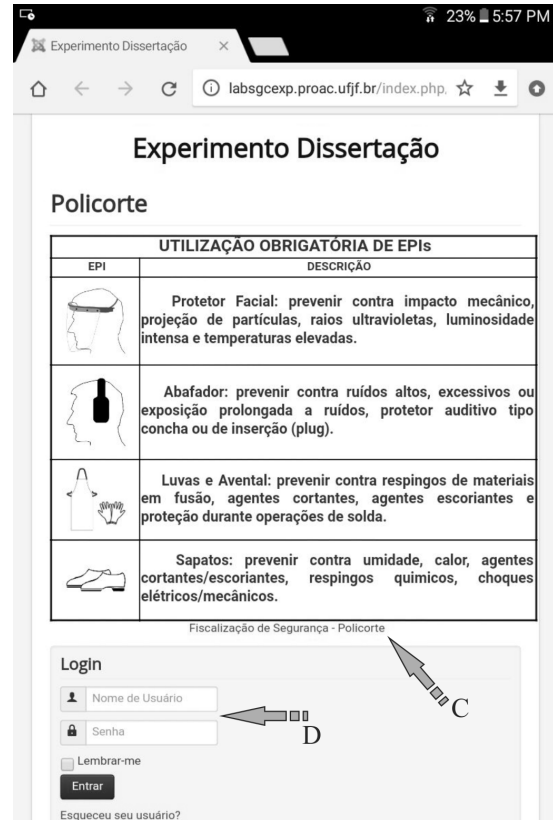
Fonte: Autor (2017)

Na Figura 20, têm-se o resultado da consulta exibido na tela do *tablet* como esperado. O dispositivo foi capaz de decodificar o QR Code e seguir seu conteúdo até o acesso ao servidor onde previamente havia sido inserido o conteúdo a ser exibido, na Figura 21 vemos a captura de tela da leitura.

Na Figura 21 temos na indicação “C” um link de acesso permitido somente ao fiscal da obra, não podendo ser acessado por usuários sem senha própria. Na indicação “D” temos o formulário de login para que o responsável possa logar no sistema e acessar a informação restrita, garantindo assim a hierarquia de acesso. A Figura 22 mostra o resultado da tentativa de acesso ao link restrito sem autorização do administrador do sistema.

Como destacado anteriormente (Figura 21 indicação “C”), uma segunda leitura da mesma etiqueta, porém com nível de hierarquia superior apresenta resultados complementares não passíveis de acesso por níveis inferiores. Estes resultados podem ser direcionados somente a um grupo específico de profissionais, como por exemplo os fiscais de segurança. As Figuras 23 e 24 mostram o acréscimo de informação na consulta exibida.

Figura 21 – Captura de tela da leitura

Figura 20 – Leitura realizada com *tablet*

Fonte: Autor (2017)

Figura 22 – Erro para tentativa de acesso sem autorização.



Fonte: Autor (2017)

O conteúdo adicional exibido no exemplo utilizado diz respeito à capacitação e autorização para uso do equipamento policorte. Assim, em uma fiscalização de rotina, o fiscal de segurança poderá verificar a capacitação e autorização de uso do equipamento pelo profissional que estiver fazendo uso do equipamento policorte.

Como descrito anteriormente, o mesmo processo de leitura pode ser realizado utilizando-se aparelhos *smartphones*, como é mostrado na Figura 25.

Figura 24 – Captura de tela da leitura

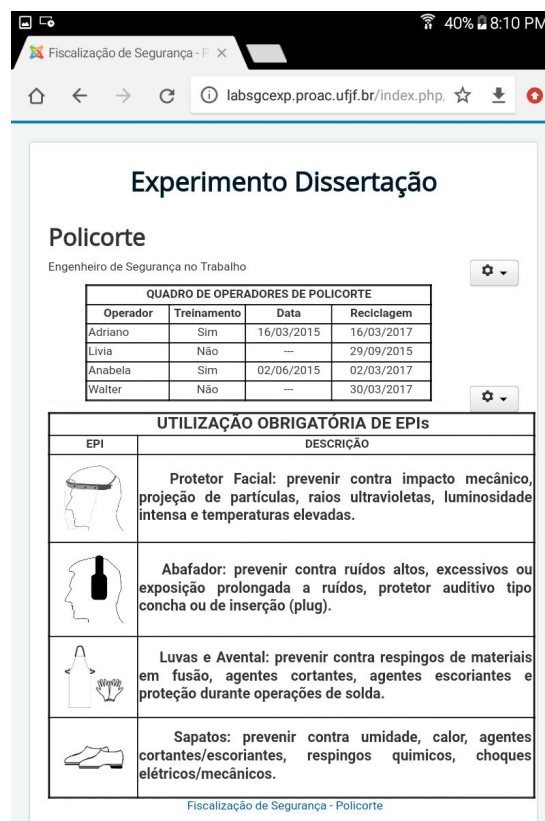
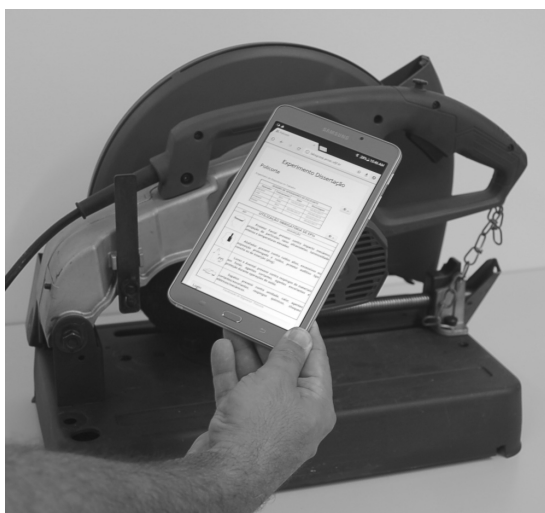


Figura 23 – Acesso link restrito



Fonte: Autor (2017)

O resultado esperado para a leitura pode ser observado na Figura 26 a seguir, onde a leitura e acessos realizados pelo *smartphone* são da mesma forma realizados anteriormente pelo *tablet*. Observa-se que pelas dimensões menores da tela do equipamento o conteúdo se auto ajusta para proporcionar a leitura, porém o conteúdo é idêntico.

Considerando o equipamento *smartphone* utilizado para o experimento, obtive-se as leituras que seguem na Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 – Distâncias de leitura realizadas com *Smartphone*

Equipamento	Distância mínima	Distância máxima
<i>Smartphone</i> Sony Xperia M 6	4,5 cm	23 cm

Fonte: Autor (2017)

Após as leituras com equipamentos distintos e com etiquetas impressas nos dois padrões, observa-se que não ocorreu variação das distâncias quando alterado o tipo de impressão das etiquetas, ou seja, etiquetas impressas em jato de tinta obtiveram o mesmo resultado das impressas a laser.

O que se pode observar nos processos de leitura com dispositivos diferentes está relacionado à capacidade de foco e resolução das câmeras utilizadas, o que influencia na



Figura 25 – Smartphone realizando leitura



Figura 26 – Leitura realizada e exibida



Fonte: Autor (2017)

qualidade da imagem capturada e conseqüentemente interferem no aumento ou diminuição do tempo de velocidade de aquisição das imagens para decodificação, porém estas características não serão abordadas neste trabalho ficando como sugestão para estudos posteriores.

Como destacado nas características na Tabela 1 do subcapítulo 2.2.1.2 os QR Code pode ter até 4 níveis de correção de erro. Estas correções estão na capacidade de recuperação da informação armazenada na etiqueta mesmo que uma porcentagem da superfície da etiqueta tenha sofrido desgaste ou dano definitivo. Estas porcentagens variam de 7% no nível menor até 35% no nível mais alto.

Esta capacidade de correção de erro é útil pois proporciona uma longevidade maior às etiquetas impressas em caso de desgaste natural ou acidental onde as etiquetas estiverem aplicadas.

Na Figura 27 podemos verificar uma mesma frase codificada nos quatro níveis de correção de erro atualmente possíveis.

Figura 27 – Níveis de correção de erro para QR Code



Estas etiquetas foram elaboradas e codificadas com a frase “Experimento Dissertação

- Nível de Erro QR Code”, onde cada carácter do computador, sendo letra maiúscula, minúscula, símbolos ou espaço entre palavras, são armazenados por *bytes*.

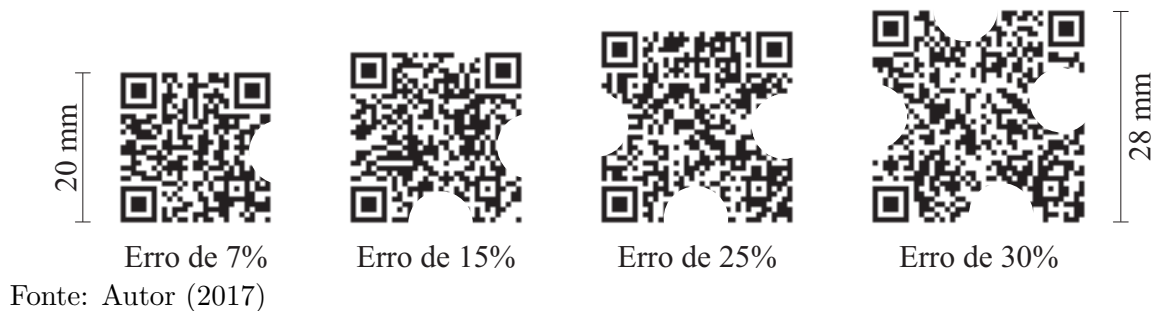
Desta forma , a frase “Experimento Dissertação - Nível de Erro QR Code” tem 42 caracteres e 7 espaços totalizando 49 *bytes* ou 392 *bits*.

Observasse que à medida que o nível de correção de erro aumenta o tamanho físico da etiqueta também aumenta proporcionalmente. Isto é importante para o elaborador da etiqueta que poderá determinar os níveis e tamanho onde irão afixar as etiquetas...

Em relação à capacidade de correção de erro, foi elaborado um experimento básico para verificar a capacidade de recuperação da informação mesmo que a etiqueta esteja danificada em parte da sua superfície.

Foram impressas etiquetas com cada nível de correção de erro correspondente e em seguida foi provocada a obstrução dos seu campo de leitura e simultaneamente foi sendo realizada a leitura com o *smartphone* até que não fosse possível realizar a leitura da etiqueta. O resultado é apresentado na Figura 28 onde podemos verificar que mesmo com parte dos seus campos obstruídos ou desgastados é possível realizar uma leitura útil.

Figura 28 – Verificação da capacidade de correção de erro



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*“O mais difícil não é escrever muito:  
é dizer tudo, escrevendo pouco.”*

(Júlio Dantas)

O processo de construção de edificações envolve a utilização de uma grande quantidade de informações que são geradas ao longo de todas as suas fases, da concepção à demolição. Por outro lado, a realização deste processo gera uma série de novas informações. O conjunto destas informações serve para alimentar a memória técnica da empresa. Porém, estas informações só serão úteis se forem passíveis de serem recuperadas. Para isso, faz-se necessário que sejam adequadamente gerenciadas. Daí a importância da empresa registrar, classificar, armazenar e disseminar as informações por ela utilizadas.

As TICs se apresentam como recursos capazes de auxiliar esta gestão. Várias são as opções de sistemas hoje existentes para a realização desta tarefa. Entretanto, de maneira geral eles se apresentam com um custo elevado, especialmente para as pequenas empresas que dispõem de menos recursos para investir nesta área. Por outro lado, novas tecnologias têm surgido e suas aplicações relatadas na literatura. Neste sentido cabe destacar o uso do RFID, do QR Code e mesmo dos dispositivos móveis, como *smartphone* e *tablets*.

Este trabalho apresenta uma proposta para utilização de ambiente capaz de gerenciar a informação utilizada no processo construtivo de edificações fazendo uso das novas TICs e dos *softwares* livres, ou seja, de baixo impacto financeiro para as empresas. O ambiente foi desenvolvido considerando a fixação de etiquetas QR Code nos elementos/equipamentos cujas informações serão gerenciadas. A leitura das etiquetas é realizada por telefones celulares (*smartphone*), que dispõem de um *software* capaz de decodificar o conteúdo dos QR Code. As informações coletadas alimentam um banco de dados inserido em um sistema de gestão de conteúdo capaz de gerenciá-las. Os testes realizados no NEST/UFJF indicaram ser viável o desenvolvimento da proposta sendo a mesma passível de ser aplicada em outros processos.

Em que pese o custo da utilização das etiquetas *Web* orientadas, têm-se o retorno de dispor das informações de forma organizada e capaz de ser recuperada a fim de alimentar o processo de decisão, por exemplo, repassando as informações para o pessoal da manutenção após a conclusão da edificação.

Vê-se como contribuição deste trabalho a continuidade das pesquisas na área de marcação/rotulagem e utilização de etiquetas inteligentes, rastreabilidade e recuperação da informação, *Web* orientação e aplicação de marcadores para a “realidade aumentada” como forma de auxiliar nas diversas fases/processos da construção civil e de edificações, seja na fase de projetos, de execução e acompanhamento da obra ou da edificação na pós-ocupação.

A continuidade desta pesquisa está na possibilidade de trabalhos futuros relacionados ao aprimoramento da interface voltada às pequenas e médias empresas construtoras, empresas de manutenção de edifícios, além de focar na aplicação das etiquetas inteligentes como marcadores para a tecnologia de "realidade aumentada". Dessa forma, torna-se possível um novo patamar de percepção do usuário em relação à serviços e atividades, a partir da Web orientação da informação e a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, tais como:

- Elaboração de módulos para treinamentos de pessoal com foco na uniformização de métodos e processos construtivos, com aplicação de modelos virtuais;
- Plugins e APIs para controle e manutenção preventiva de equipamentos através da rastreabilidade da informação dos equipamentos etiquetados/rotulados;
- Componentes para controle da execução de obras e serviços através da rastreabilidade das ordens de serviço, materiais e medição de serviços realizados;
- Desenvolvimento e aplicação de modelos da "realidade aumentada" como suporte ao Manual de uso, operação e Manutenção das edificações necessário na pós-ocupação;
- Elaboração do fluxo de informação e sua rastreabilidade voltada às atividades das empresas construtoras;
- Elaboração de componentes voltados à segurança no trabalho e canteiro de obra;
- Aplicação da Web Orientação aos projetos da edificação, com possibilidade de utilização da "realidade aumentada".
- Ampliação e análise de outros CMSs para aplicação em conjunto com o modelo proposto;
- Aplicação do modelo proposto em plataformas corporativas em nuvem;
- Elaboração de distribuição automatizada para instalação e configuração do modelo proposto.

Tanto esta pesquisa em si, quanto seus desdobramentos, possuem alta aplicabilidade no futuro de diversas áreas das engenharias, como Civil, Produção, Elétrica, de Segurança no Trabalho e na Arquitetura, dentre outras possibilidades dentro da cadeia produtiva da construção civil e indústria em geral.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A., ARAÚJO, D., MARTINS, W.; CREPALDI, P. **Segurança no Trabalho: Benefícios ao Empregado e Redução de Custos ao Empregador**. Instituto de Ensino Superior de Londrina, Brasil. Disponível em <[https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol\\_15\\_1321047402.pdf](https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_15_1321047402.pdf)>. Acesso em 23 Nov. 2015.
- AIKEN, P.; MUNTZ, A.; RICHARDS, R.; **DOD Legacy Systems: Reverse Engineering Data Requirements**. Artigo, Communications of the ACM, maio de 1994, vol.37, no.5, 1994
- ANDERY, P. R. P.; VIEIRA, M. P. C. **Dificuldades e Estratégias para Sustentação dos Programas de Garantia da Qualidade na Construção Civil Brasileira**. Simpósio Ibero Americano sobre Calidad y Competitividad en las Construcciones, 2002, Ciudad de Villa Clara, Cuba.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.575: Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ANTAC, 2002. **Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na Área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional**. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/Temas/Desenv/ECIB/completo.pdf>>. Acesso em 15 Mai. 2017.
- AVITAL, M. **The Generative Bedrock Of Open Design**. VAN ABEL, Bas et al. Open design now: why design cannot remain exclusive. BIS Publishers, 2011. Disponível em <<https://dare.uva.nl/search?identifier=ce7eab62-ae39-42c5-84e7-e76068483105>>. Acesso em 25 jan. 2017.
- BARROSO, A. C. O., GOMES, E. B.P. **Tentando entender a gestão do conhecimento**. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/download/7656/6201>>. Acesso em 23 Nov. 2015.
- Benite, A. G. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho para Empresas Construtoras**. Dissertação (Mestre em Engenharia). 2004. Escola Politécnica da universidade de São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-27102004-101542/pt-br.php>>. Acesso em 23 Nov 2015.
- BORGES, C. A. de M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. p 263, Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- BRASIL, **Lei nº 4.591**, de 16 de dezembro de 1964. Brasília - DF, 1964
- BRASIL. Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. *Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm)>. Acesso em 21 nov. 2015.
- CANADI, M.; HOPKEN, W.; FUCHS, M. **Application of QR Codes in Oline Travel Distribution**. Information and Communication Technologies in Tourism Conference. Anais. Lugano, Suíça, p.137-148, fev. 2010.

CANONGIA, C.; LAMB, C., SILEN, E., CARVALHO, C. S. P.; SILVA, V. S. **Convergência da Inteligência Competitiva com Construção de Visão de Futuro: proposta metodológica de Sistema de Informação Estratégica (SIE)**; Artigo, DataGramZero - Revista de Ciência da Informação - v.2 n.3 jun/01, 2001.

CARDOSO, L. H.; PEREIRA, E. C. **Teoria do caos e gestão da informação: Uma Integração na Complexidade dos Negócios e dos Sistemas de Informação**. Transinformação [online]. 2005, vol.17, n.3, pp.221-233.

CERATTO, R.; MORAES, L. H. C.; MIRANDA, C.H.; LEAL, G. C. L.; CARDOZA, E. **Tecnologia de Informação para Monitorar Requisitos de Saúde e Segurança de trabalho no sistema Produtivo da Construção Civil**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Brasil. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_TN\\_STO\\_198\\_123\\_25408.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_198_123_25408.pdf)>. Acesso em 23 Nov. 2015

CINELLI, M. J.; DOMENECH, S. C.; FERREIRA, M. G. G.; RODRIGUES, R. S. **O design em próteses open Source para membros superiores por meio da análise documental de projetos**. e-Revista LOGO, v.5, n.2, p.93-119. 2016. Disponível em <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/eRevistaLOGO/article/download/4261/4828>>. Acesso em 15 dez. 2016.

CINTRA, M. A. H.; **Uma proposta de estrutura para organização do conhecimento em empresas de edificações**, Tese (Doutorado em Engenharia); Rio de Janeiro, 2005, 190p, COPPE/UFRJ - Engenharia de Produção, 2005.

CINTRA, M. A. H.; **Sistemas de Informação e Gerenciamento de Projetos: Um estudo de caso na cidade de Juiz de Fora**. Niterói: UFF, 1998. 209 p. Dissertação Mestrado - Universidade Federal Fluminense, 1998.

CHAGAS, F.; CARVALHO, C. L.; SILVA, J. C. **Um estudo sobre os sistemas de gerenciamento de conteúdo de código aberto**. Relatório Técnico – Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás. 2008. Disponível em <[http://www.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF\\_002-08.pdf](http://www.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF_002-08.pdf)>. Acesso em 25 dez. 2015.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial: Como as Organizações Gerenciam o seu Capital Intelectual**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1998.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Working Knowledge: how Organizations Manage what they Know**. Boston: Harvard Business Scholl Press, 1998.,

DEMIR, S.; KAYNAK, R.; DEMIR, K. A. **Usage level and future intent of use of quick response (QR) codes for mobile marketing among college students in Turkey**. 3rd International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management. Social and Behavioral Sciences, v.181, p.405-413, 2015

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J., VALLE, J. A. **Design Science Research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 181p.

EDITORA ATLAS. **Manuais de Legislação: Segurança e Medicina do Trabalho**, 63 ed. São Paulo, São Paulo, 2009. 799 p.

ERGEN, E.; AKINCI, B.; EAST, B.; KIRBY, J. **Tracking Components and Maintenance History within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology**. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 21, No.1, January 1, 2007. Disponível em: <[https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2007\)21:1\(11\)](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)0887-3801(2007)21:1(11))>. Acesso em 23 Nov. 2016.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**. Third Edition. John Wiley & Sons, Ltd.

IBEDEEC. **Cartilha do Consumidor: Como Escolher, Comprar e Defender-se dos Abusos na Aquisição de Imóveis!** Edição Especial Construtoras – Instituto Brasileiro de Estudos e Defesa das Relações de Consumo. Brasília, 2007.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). **Standard Glossary of Software Engineering Terminology**. IEEE, Nova York. 84p. 1990.

IWASAKI, E. Y. **Movimento Open Source: A importância da comunicação e da relação entre empresas e comunidades para o mercado**. Monografia (Especialização em Marketing) – Faculdade Cásper Líbero. São Paulo, 2008.

JASELSKIS, E. J.; ANDERSON, E., ANDERSON, M. R.; JAHREN, C. T.; NJOS, S. **Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry**. Artigo, 1995, vol.121, Journal of Construction Engineering and Management - ASCE, 1995. Disponível em <[www.researchgate.net/publication/238179103\\_Radio-Frequency\\_Identification\\_Applications\\_in\\_Construction\\_Industry](http://www.researchgate.net/publication/238179103_Radio-Frequency_Identification_Applications_in_Construction_Industry)>, Acesso em 15 Mar. 2016.

KATZ, A.; VAN, A., et al. **Open design now: why design cannot remain exclusive**. BIS Publishers, 2011. Disponível em <<http://opendesignnow.org/index.html%3Fp=407.html>>. Acesso em 10 set. 2016.

KUMAR, V.; DHANUNJAYA, K. M.Tech. **Kindling And Perception Of Qr-Images Using Raspberry-PI**. International Journal Of Engineering And Computer Science, 2015. disponível em: <<http://www.ijecs.in/index.php/ijecs/article/view/3299>>. Acesso em: 04 abr 2017

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação Gerenciais**. 9 ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2011.

LASTRES, H. M. M., ALBAGLI S. (orgs). **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

LI, N.; BECERIK-GERBER, B. **Life-Cycle Approach for Implementing RFID Technology in Construction: Learning from Academic and Industry Use Cases**, Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 137, No. 12, December 1, 2011. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000376>>. Acesso em 23 Nov. 2016.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research on information technology**. Decision Support Systems, n. 15, p.251-266, 1995.

MARTINS, L. C. S. V. **Utilização de Sistemas de Identificação por RFID**; Dissertação (Mestrado em Engenharia), Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

MELHADO, S.B., 1994. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das Empresas de Incorporação e Construção**. Tese de D.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. pg 2267, Ed. Melhoramentos, São Paulo/SP, 1998.

MONTEIRO, N. A.; FALSARELLA, O. M. **Um modelo de gestão da informação para aprendizagem organizacional em projetos empresariais**. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.12, n.2, p.81-97, maio/ago. 2007.

NASCIMENTO, L.A., SANTOS, E.T. **Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil**. In: Anais do Workshop Nacional Gestão do Processo de Processo na Construção de Edifícios, 2, Porto Alegre. 2002.

O'Brien, James A. **Sistema de Informação e as decisões gerenciais na era da Internet**; Tradução Cid Knipel Moreira. - São Paulo, Ed. Saraiva, 2003.

PADILHA, T. C. C.; MARINS, F. A. S. **Sistemas ERP: Características, Custos e Tendências**. *Revista Produção*, v. 15, n. 1, p. 102-113, Jan./Abr. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v15n1/n1a08.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2015.

PAHL, T. E.; **Estudo Sobre a Adoção da Tecnologia RFID na Indústria Automotiva**; Monografia (Especialização em Automação Industrial), Curitiba/PR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Eletrônica Curso de Especialização em Automação Industrial, 2012.

PEREIRA, D. M.; SILVA, G. S. **As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento**. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia*. Vitória da Conquista–BA, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernos-de-ciencias/article/viewFile/884/891>>. Acesso em 16/04/2016.

PHILIPS; Nokia; Sony. **Estabeleceram o Fórum de Comunicação via Campo Próximo** (Near Field Communication - NFC). Disponível em: <[www.newscenter.philips.com/br\\_pt/standard/about/news/press/article-3017.wpd](http://www.newscenter.philips.com/br_pt/standard/about/news/press/article-3017.wpd)>. Acesso em: 04 abr 2017.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Casa Civil. 2007. Altera o Regulamento da Previdência Social, aprovado pelo **Decreto n. 3.048**, de 6 de maio de 1999, *disciplina a aplicação, acompanhamento e avaliação do Fator Acidentário de Prevenção - FAP e do Nexo Técnico Epidemiológico, e dá outras providências*. 2 fevereiro 2007. Gabinete Oficial.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL, **Fator Acidentário de Prevenção**, 2015. Disponível em <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/declaracoes-e-demonstrativos/gfip-sefip-guia-do-fgts-e-informacoes-a-previdencia-social-1/fap-fator-acidentario-de-prevencao-legislacao-perguntas-frequentes-dados-da-empresa>>. Acesso em 23 NOV. 2015.



ROMANO, F. V. 2003. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. Tese de D.Sc., UFSC, Florianópolis, SC.

ROBERTI, M. **The history of RFID Technology**. RFID Journal. 2005. Disponível em <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>>. Acesso em 25 Mar. 2016.

SANTOS, C. D.; VALENTIM, M. L. P. **As Interconexões Entre a Gestão da Informação e a Gestão do Conhecimento para o Gerenciamento dos Fluxos Informativos**. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 19-33, jul./dez. 2014.

SALDANHA, M. C. W., SOLTO, M. S. M. L. **Racionalização dos Projetos na Construção de Edificações Habitacionais**. Anais do XVII ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), Gramado-RS, 1997. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3212.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3212.PDF)>. Acesso em 23 Nov. 2015.

SHIN, D.; JUNG, J.; CHANG, B. **The psychology behind QR codes: User experience perspective**. *Computer in Human Behaviour*, vol. 28, p.1417-1426, 2012

SOON, T. J.; Executive Director, EPC global Singapore Council Chairman, Automatic Data Capture Technical Committee, *Synthesis Journal*, 2008.

TAKEDA, H. et al. **Modeling Design Processes**. *AI Magazine*, v.11, n.4, p. 37-48, 1990.

TECHNE. **O Futuro da Construção: Engenheiros de 20 Construtoras contam o que mudará nas obras os próximos anos**. ed. 182, Maio de 2012. pg. 55 a 58, Editora Pini, 2012

THODE FILHO, S., CALDAS, M. A. F. **O gerenciamento da informação nas micro e pequenas empresas**. Anais VIII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2008. Disponível em: <[www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/201\\_O](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/201_O)>

TULLA, Kauko; VÄHÄ, Pentti; MATINMIKKO, Tapio; TOLMAN, Anne; MÖTTÖNEN, Veli. **RFID technology changes FM services deliveries**. *Facilities* Vol. 27 No. 11/12, 2009. pp. 457-468. Emerald Group Publishing Limited. VTT Technical Research Centre of Finland, Oulu, Finland. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/02632770910980745>>. Acesso em 23/11/2017.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. P. **Design and Development**. 5. ed. Lill: Mcgraw-hill Education, 433 p. 2011.

VAZ, M. C. S.; **Especificação de um Framework para rastreabilidade da cadeia produtiva de grãos**. Dissertação (Mestrado). Ponta Grossa, 2014, 87f., Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2014.

VIEIRA NETTO, A. **Construção Civil & Produtividade: ganhe pontos contra o desperdício**. São Paulo: Pini, 1993. 178 p.