

Aplicação Web para Controle do Processo de Manutenção da Empresa Vale

Thalyson D. R. Dutra¹, Rayanne M. C. Silveira², Luis C. de O. Silva¹

¹Coordenação de Engenharia da Computação – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

²Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Abstract. *In the industrial field a lot of information is produced and sometimes it is not known how to use this data for the benefit of the company. Thus, there has been a great popularization of the use of computational tools to deal with this information, seeking to increase process productivity and efficiency. Among these tools, we can highlight the information systems. In this context, the present work proposes an information system to assist the data management of Vale's maintenance sector. The proposed application was developed using the PHP Laravel framework and the usability evaluation of the proposed system was performed using the Post-Study System Usability Questionnaire.*

Resumo. *No âmbito industrial são produzidas inúmeras informações e por vezes não se sabe como utilizar estes dados em benefício da empresa. Com isso, tem ocorrido uma grande popularização do uso de ferramentas computacionais para lidar com estas informações, buscando aumentar a produtividade e eficiência de processos. Dentre estas ferramentas, podemos destacar os sistemas de informação. Neste contexto, o presente trabalho propõe um sistema de informação para auxiliar o gerenciamento de dados do setor de manutenção da empresa Vale. A aplicação proposta foi desenvolvida utilizando o framework PHP Laravel e a avaliação de usabilidade do sistema proposto foi realizada com a aplicação do questionário Post-Study System Usability Questionnaire.*

1. Introdução

O processo produtivo de uma empresa pode ser extenso e complexo e existem diversos fatores que podem interferir em seu desenvolvimento. Segundo [Shingo 1996], a produção é uma rede de processos e operações visualizada como o fluxo de materiais no tempo, ou seja, a transformação da matéria-prima em componente semiacabado e enfim produto acabado.

A implementação de ferramentas tecnológicas e de inovação é um enorme diferencial competitivo no âmbito industrial, tendo em vista que a melhoria do processo reduz desperdícios. Segundo [Ohno 1997], existem sete tipos de desperdícios, que quando eliminados aumentam a eficiência da operação em uma ampla margem.

Em uma empresa produz-se diariamente grande quantidade de informações referentes a custos, equipamentos, manutenção, qualidade, produtividade dentre outros [Fortulan et al. 2005]. Através da análise destes dados, de forma conjunta ou isolada, é

possível extrair informações e conhecimentos necessários para a melhoria do processo de produção da empresa.

Um processo que requer maior atenção e carece de mecanismos de otimização é o processo de manutenção industrial. A empresa Vale, por exemplo, que é uma das maiores mineradoras do mundo, necessita de otimização deste processo, já que não há controle dos registros direcionados à manutenção. Com isso, não há registros sobre defeitos do equipamento, do acionamento da equipe para a correção do defeito e tão pouco do tempo de atuação da equipe de manutenção.

Existem diversas ferramentas e técnicas que podem ser implementadas para aumentar a produtividade e eficiência do processo. Dentre as possíveis soluções, métodos da tecnologia da informação podem ser aplicados para dar suporte à tomadas de decisão. [Adelman and LeBaron 1997], um Sistema de Apoio a Decisão é alimentado por uma base de dados que utiliza ferramentas e métodos de análise de dados para dar suporte a tomada de decisões.

Outro exemplo são as aplicações web, ferramentas comumente utilizadas para automatizar e auxiliar no controle de informações de empresas, operando muitas vezes como ferramentas produtivas que agilizam os processos de gestão de negócios. Por fazer parte do cotidiano de quase todas as pessoas, este tipo de ferramenta, que utiliza a Web como ambiente de execução [Winckler and Pimenta 2002], possui uma boa aceitação do usuário.

A análise destas informações podem ajudar na gestão do processo de manutenção, monitorando o tempo de atuação da equipe, permitindo ainda a verificação da quantidade de registros por equipamento, possibilitando assim, a identificação de desvios no processo, reduzindo o tempo de espera e indicando quando necessário atuar preventivamente no equipamento. Desta forma, este trabalho propõe o desenvolvimento e a avaliação de uma aplicação *web* como sistema de informação para auxiliar o gerenciamento do processo de manutenção de um setor da empresa Vale, através do questionário *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ). A partir disto, espera-se obter boa aceitação dos funcionários quanto a usabilidade do sistema, para que então este seja implantado.

2. Trabalhos Relacionados

Nesta seção pretende-se realizar um levantamento bibliográfico a respeito de técnicas computacionais utilizadas na indústria para armazenar e facilitar a análise de dados, a fim de otimizar seu processo de produção. Apesar do sistema proposto ser uma aplicação web, existem outros tipos de sistemas que podem ser implementados para desempenhar as funções buscadas pela empresa.

Em seu trabalho [Silveira et al. 2019], desenvolveu um sistema para simplificar o acesso e leitura de dados coletados através de uma rede de sensores sem fio. Dentre inúmeras ferramentas que poderiam ser utilizados, a aplicações *web* mostraram-se ferramentas promissoras. Desta forma, foi desenvolvido, um sistema baseado na arquitetura *MVC* para monitorar, organizar, e gerenciar dispositivos e dados de uma rede de sensores sem fio. Onde em sua avaliação foram utilizada duas metodologias, uma avaliação heurística e um questionário de usabilidade direcionado ao usuário.

[Santos et al. 2006] realizou um estudo de caso com um sistema *Data Warehouse*,

com o objetivo de mostrar a experiência obtida no projeto para Secretária do Estado de Saúde de São Paulo, a fim de disponibilizar informação gerencial obtida através da integração de dados de diferentes sistema de informações da saúde pública. Apesar de considerar o experimento como positivo o autor detectou alguns obstáculos, como dificuldade no fluxo dos dados originais, falta de compreensão sobre o sistema *Data Warehouse* e etc. O autor ainda ressaltou a necessidade de suavizar a implantação nas etapas seguintes e definiu como contribuição principal a identificação de alguns problemas que podem ser evitados em projetos similares.

Já [Wolf 2017], propõe o desenvolvimento de um Sistema de Execução da Manufatura (MES) online para uso em indústria de ração animal. O sistema proposto deverá efetuar o controle automático de diversas grandezas relacionadas ao processo. Na validação do sistema os resultados foram positivos, funcionários que operaram o sistema afirmaram que a utilização da ferramenta melhorou a produção e também a segurança com o que é feito no processo. Por fim, o autor pode concluir que a ferramenta proposta é um sistema de grande ajuda a qualquer unidade fabril em que for implantado.

Em um caso de escala menor, mas que pode ajudar a visualizar o potencial de aplicações web para a automatização de processos que necessitam de um gerenciamento e registros é apresentado por [Lopes 2018]. Em seu trabalho, o autor propõe desenvolver uma aplicação web para registro dos gastos e recursos referente a cada lote de produção de frango. Com a implantação do sistema, foi obtida uma melhora significativa na sua gestão já que o sistema facilitou a rastreabilidade dos custos e despesas de cada lote produzido, além de cálculos automatizados que viabilizaram a rapidez na obtenção das informações.

Por fim, pode-se verificar em diferentes ramos da indústria e pesquisa que a coleta de dados é imprescindível, assim como sua facilidade de armazenamento, acesso, leitura. Desta forma, este trabalho utilizará uma aplicação *web* com intuito de facilitar a análise de dados e dar suporte à tomada de decisões, tendo em vista familiarização do usuário com estes sistema, suavizando a mudança em sua rotina.

3. Metodologia

A execução deste trabalho pode ser dividida em diversas etapas, sendo a primeira delas a análise do processo, elaboração da aplicação *web* e avaliação do sistema. Nas subseções a seguir serão descritas cada uma destas etapas.

3.1. Análise do Processo

O primeiro passo para realização deste trabalho foi a identificação dos problemas no setor. Para fazer este levantamento foi realizada uma entrevista com os controladores, que são funcionários do centro de controle responsáveis pelo monitoramento do sistema de automação, no PIAL - Vale. A entrevista buscou identificar as principais dificuldades encontradas no processo de forma geral. A partir dos relatos foi possível identificar desvios no processo de manutenção, como a inexistência de controle da atuação da equipe de manutenção e defeitos dos equipamentos.

A partir dos pontos levantados foi possível traçar um perfil para o desenvolvimento do trabalho, possibilitando ainda definir as funcionalidades necessárias e permitindo assim, planejar quais ferramentas seriam utilizadas na implementação do sistema proposto. Dentre estas definições, vale ressaltar a escolha da natureza do sistema, onde optou-se por uma

aplicação *web*, com intuito de facilitar, futuramente, a integração do sistema proposto com a rotina da empresa.

3.2. Plataforma de Desenvolvimento

Para a implementação do sistema proposto foi utilizado o *framework* Laravel, que permite desenvolvimento estruturado e rápido utilizando a linguagem PHP. O Laravel utiliza a arquitetura *Model View Controller (MVC)*, que é responsável por dividir a aplicação em três camadas para desenvolvimento, em que *models* são os modelos, *views* as visualizações e *controllers* os controladores. Segundo Badurowicz (2011) esse padrão de desenvolvimento é muito utilizado em aplicações web devido a sua possibilidade de combinar diferentes tecnologias para as diferentes camadas.

Para a fase de testes do sistema foi utilizado um servidor local para hospedar a aplicação. Para isso foi utilizado o WampServer, ferramenta que disponibiliza além do servidor APACHE, o sistema de gerenciamento de banco de dados (MySQL) e o suporte PHP para a utilização do Laravel.

3.3. Métrica de Avaliação

Uma importante etapa da implantação de um sistema é sua avaliação, onde de fato será verificado se todas as funcionalidades correspondem às necessidades e expectativas do usuário final. A fase inicial do processo de avaliação consistiu em uma breve apresentação do sistema ao usuário e em seguida o usuário pôde operar o sistema. Para a avaliação foram selecionados 10 usuários da empresa Vale no setor onde pretende-se implantar o sistema, PIAL. Estes usuários foram selecionados, levando em consideração quem utilizaria o sistema e faria a manutenção do mesmo.

O método de avaliação do sistema foi realizado através da aplicação do questionário *Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)*, desenvolvido originalmente pela IBM [Lewis 1995]. Este questionário possui 15 afirmações, listadas a seguir, direcionadas para a usabilidade do sistema, no qual o avaliador deverá indicar um valor na escala de zero a sete, onde zero ele discorda completamente da afirmação e sete concorda completamente.

1 - Em geral, estou satisfeito com a facilidade de uso do sistema;	9 - As informações e mensagens oferecidas no sistema estavam claras;
2 - Foi simples utilizar este sistema;	10 - Foi fácil encontrar a informação que eu precisava;
3 - Consegui completar as tarefas e cenários rapidamente;	11 - A informação foi eficaz para auxiliar a execução de tarefas e cenários;
4 - Eu me senti confortável em utilizar este sistema;	12 - A organização de informações na tela do sistema estavam claros;
5 - Foi fácil aprender a usar este sistema;	13 - A interface do sistema é agradável;
6 - Eu poderia ser mais produtivo usando um sistema deste tipo;	14 - Eu gostei de usar a interface do sistema;
7 - O sistema apresenta ajuda clara para resolver problemas;	15 - Este sistema possui as funcionalidades que eu esperava encontrar.
8 - Quando errei no uso do sistema pude me recuperar rapidamente;	

Figura 1. Questionário PSSUQ.

Para auxílio na aplicação do questionário utilizou-se a ferramenta *Google Forms* e a avaliação foi direcionada à usuários de diferentes hierarquias, dentre eles engenheiros, gestores de equipes de manutenção, líderes de equipe e controladores.

4. O Sistema Proposto

O sistema proposto apresenta uma arquitetura *Model View Controller* que é um padrão de *desing* utilizado para o desenvolvimento de aplicações. Este tipo de arquitetura estrutura-se em três camadas que se relacionam de maneira a apresentar informações ao usuário [Verma 2014].

A *Model* é a parte do sistema que interage com o banco de dados para manipular os dados, lógica e regras. As *Views* interagem com o usuário por meio das interfaces, exibindo as saídas e entradas em vários formulários. Já o *Controller* envia comandos para as *Models*, para atualizar dados, bem como enviar comandos para a exibição [Verma 2014].

O sistema proposto utiliza o protocolo de comunicação *hypertext transfer protocol* (HTTP), que é usado para a *World Wide Web* (www) e define como os servidores devem transferir documentos (páginas) para os clientes (navegadores) [Gallo et al. 2003]. Este protocolo é composto por diversos verbos, porém para esta aplicação apenas dois foram utilizados, *GET* e *POST*. O verbo *GET*, é utilizado quando deseja-se realizar buscas no banco de dados, onde geralmente se obtém uma lista como resultado. Já o *POST* é utilizado quando é necessário armazenar informações na base de dados. É importante ressaltar que a utilização destes verbos são definidas, através do *framework*, a partir da estrutura de rotas, que é responsável por definir as URLs, assim como o verbo que cada endereço irá utilizar.

4.1. Levantamento dos Requisitos

O levantamento dos requisitos é uma etapa muito importante para o desenvolvimento ou aquisição de *softwares*. Os requisitos podem ser divididos em dois tipos: funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais (RF) devem ser definidos de forma clara e explícita, pois são eles que definem as funções ou atividades que o sistema desempenhará [Rezende and Abreu 2000]. Já os requisitos não funcionais (RNF) são restrições aos serviços ou funções oferecidos pelo sistema [Sommerville et al. 2011]. Os requisitos do sistema proposto foram listados na Tabela 1.

Tabela 1. Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Requisitos Funcionais		Requisitos Não Funcionais	
ID	Nome	ID	Nome
RF001	Login	RNF001	Gerenciador de Dados
RF002	CRUD Registros	RNF002	CRUD Equipamentos
RF003	Finalizar Registro	RNF003	Lista de Equipamentos
RF004	Gerar Gráficos	RNF004	Editar e Excluir Registro
RF005	Gerar Relatório	RNF005	Visualizar Registro Por Equipamento
RF006	CRUD Equipamentos	RNF006	Portabilidade
RF007	CRUD Usuário		
RF008	Visualizar Registros por equipamento		

Um dos requisitos mais comuns em aplicações do gênero da aplicação proposta é o CRUD, que é uma sigla da língua inglesa que significa *Create, Read, Update e Delete*. Onde *Create* é criar ou adicionar entradas, *Read* é ler, recuperar ou ver entradas, *Update* é atualizar ou editar entradas existentes e o *Delete* é remover as entradas existentes [Tanaka et al. 2012].

4.2. Funcionalidades

Com base nos requisitos identificados durante a análise do problema, o sistema foi desenvolvido e nesta seção serão detalhadas as funcionalidade existentes no sistema. É importante destacar que o sistema possui dois cenários de utilização, diferenciados pelos privilégios de acesso que os dois tipos de usuários possuem. Essa diferença de privilégios está ilustrado no diagrama de casos de uso apresentado na Figura 2.

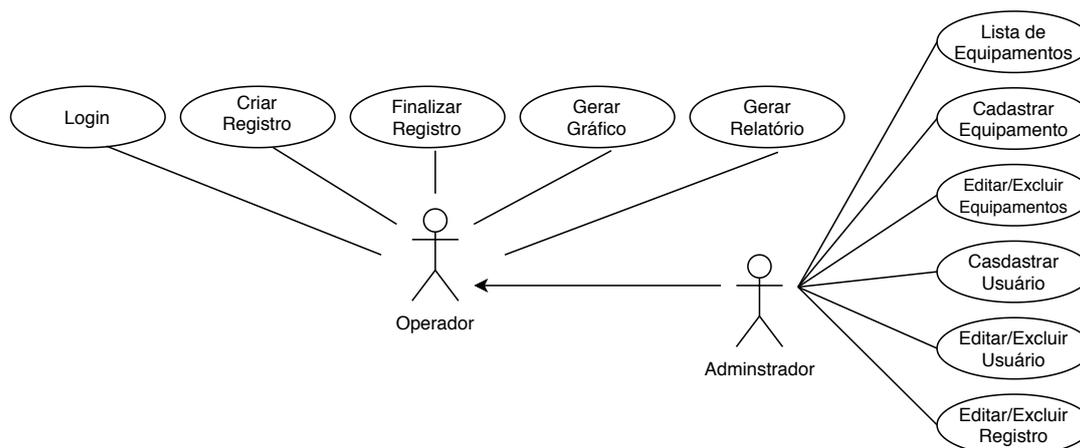


Figura 2. Diagrama de Casos de Uso.

5. Resultados e Discussões

Como descrito anteriormente, a avaliação do sistema proposto baseou-se na aplicação do questionário *Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)*, que utiliza a escala de 0 a 7. A primeira etapa da avaliação foi o contato do usuário com aplicação *web* (Figura 3), onde cada avaliador teve oportunidade de interagir com o sistema e assim conhecer e explorar suas funcionalidades.



Figura 3. Prints de Telas do Sistema.

Durante o processo de avaliação foi utilizado apenas um cenário do sistema, onde todos os avaliadores operaram como usuário administrador. Este cenário foi escolhido com o intuito de disponibilizar todas as funcionalidades do sistema, privilégio concedido apenas ao usuário administrador. Após realização dos testes no sistema, o usuário foi submetido ao questionário.

Sob uma perspectiva geral, os resultados obtidos na avaliação foram positivos. Essa afirmação pode ser comprovada a partir da análise do gráfico com a média das avaliações, ilustrados na Figura 4, já que quase todas as médias obtiveram valores próximos da nota máxima.

A partir dos resultados referentes as questões 4 a 6, percebe-se que foram poucas

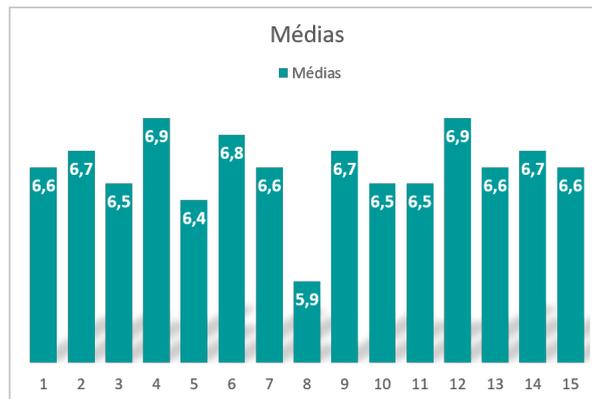


Figura 4. Gráfico com as Médias das Avaliações por Afirmação.

as dificuldades encontradas durante o experimento por parte dos avaliadores (cerca de 93% com nota superior a 5), além disso 90% dos avaliadores concordaram fortemente (nota máxima) que a implantação do sistema tornaria o ambiente de trabalho mais produtivo.

A análise dos resultados referente as questões 7 a 9, demonstra que grande parte dos avaliadores concordaram que o sistema proposto ajudaria a resolver os problemas e que as mensagens do sistema são de fácil entendimento. Porém, foram encontradas dificuldades de recuperação no momento de erro, isto ocorreu pois no momento da avaliação, as funcionalidades de edição de registros, equipamentos e usuários ainda não estavam disponíveis, justificando 17% das notas menor ou igual a 5.

Além da avaliação de usabilidade o projeto foi submetido a uma avaliação interna da empresa obteve-se um *feedback* positivo, já que os profissionais responsáveis pela avaliação mostraram grande interesse em dar continuidade a fase de implantação da ferramenta.

6. Considerações Finais

Dentre os problemas identificados em parceria com a empresa Vale, o presente trabalho propôs a implantação de um sistema de informação para controle do processo de manutenção dos setores PIAL, CTR e CMR. Para facilitar a integração com o ambiente da empresa optou-se por desenvolver uma aplicação *web*.

Para validação do sistema proposto foi realizada a avaliação de usabilidade do sistema através do questionário PSSUQ. Após esta avaliação foi possível concluir que o sistema obteve boa taxa de aceitação no grupo de avaliadores, apresentando um média próxima a nota máxima para quase todos os itens do questionário.

A partir dos resultados da avaliação de usabilidade do sistema e da sinalização positiva por parte da empresa, pretende-se realizar um estudo de caso do desempenho do sistema em condições reais, possibilitando assim mensurar assim os ganhos para o processo. Espera-se que a facilidade de acesso e leitura permita uma análise rápida e eficiente dos dados, podendo ser utilizada como uma ferramenta de auxílio para tomada de decisões. Além disso, avalia-se a possibilidade de implementar algumas melhorias, sugeridas pela equipe, como a padronização do layout e adição de um campo para armazenar o procedimento realizado durante a manutenção.

Referências

- Adelman, S. and LeBaron, M. (1997). Meta data standards. *Review Magazine*. Dezembro.
- Fortulan, Roberto, M., and Gonçalves Filho, E. V. (2005). Uma proposta de aplicação de business intelligence no chão-de-fábrica. *Gestão & Produção*, 12(1):55–66.
- Gallo, M. A., Hancock, W. S., da Silva, F. S. C., de Freitas Carneiro, M. R., and de Melo, A. C. V. (2003). *Comunicação entre computadores e tecnologias de rede*. Pioneira Thomson Learning.
- Lewis, J. R. (1995). Ibm computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 7(1):57–78.
- Lopes, J. M. C. (2018). Sistema web para o auxílio na criação de frangos caipiras. *Centro Universitário de Anápolis*.
- Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de produção além da produção*. Bookman.
- Rezende, D. A. and Abreu, A. F. d. (2000). Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais. *São Paulo: Atlas*, 3.
- Santos, S. R., Almeida, A. L., Tachinardi, U., and Gutierrez, M. A. (2006). Data warehouse para a saúde pública: estudo de caso ses-sp. In *Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, pages 53–58.
- Shingo, S. (1996). *O sistema Toyota de produção*. Bookman Editora.
- Silveira, R. M., Alves, F. P., Fontaine, A., and Santana, E. E. (2019). A web-service to monitor a wireless sensor network. In *International Conference on Web Services*, pages 126–146. Springer.
- Sommerville, I., Arakaki, R., and Melnikoff, S. S. S. (2011). *Engenharia de software*. Pearson Prentice Hall.
- Tanaka, L. C., Camargo, F. M., and Gotardo, R. A. (2012). Sistema gerenciador de banco de dados: Sgbd exist xml. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e de Gestão Tecnológica*, 2(1).
- Verma, A. (2014). Mvc architecture: A comparative study between ruby on rails and laravel. *Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 5(5):196–198.
- Winckler, M. and Pimenta, M. S. (2002). Avaliação de usabilidade de sites web. *ESCOLA REGIONAL de Informática*. Porto Alegre: SBC, pages 1–54.
- Wolf, A. J. (2017). Desenvolvimento de um sistema de execução da manufatura online para uso em indústria de ração animal. B.S. thesis.