

TESE– Um Sistema de Informação para Gerenciamento de Projetos Experimentais em Engenharia de Software

Alternative title: TESE – An Information System for Management of Experimental Software Engineering Projects

Isaque Elcio de Souza
Universidade Federal de Goiás-
Regional Jataí
Cidade Universitária
BR 364, km 195, nº 3800
CEP 75801-61
isaqueelcio@hotmail.com

Paulo Henrique Lima Oliveira
Universidade Federal de Goiás-
Regional Jataí
Cidade Universitária
BR 364, km 195, nº 3800
CEP 75801-61
ph.lima.tecnico@gmail.com

Esdras Lins Bispo Junior
Universidade Federal de Goiás-
Regional Jataí
Cidade Universitária
BR 364, km 195, nº 3800
CEP 75801-61
bispojr.ufg@gmail.com

Ana Carolina Gondim Inocêncio
Universidade Federal de Goiás-
Regional Jataí
Cidade Universitária
BR 364, km 195, nº 3800
CEP 75801-61
anacarolina.inocencio@gmail.com

Paulo Afonso Parreira Júnior
Universidade Federal de Goiás-
Regional Jataí
Cidade Universitária
BR 364, km 195, nº 3800
CEP 75801-61
pauloafjunior@gmail.com

RESUMO

A Engenharia de Software Experimental é uma das subáreas da Engenharia de Software (ES) e seu objetivo é aprimorar métodos, técnicas e ferramentas da ES, a partir de métodos experimentais. Um projeto experimental envolve várias etapas e atividades que devem ser realizadas pelo pesquisador e participante, gerando grande quantidade de documentos. Este trabalho aborda experimentação em engenharia de software, apresentando uma ferramenta para gerenciamento de projetos experimentais, denominada TESE (*Tool for Experimental Software Engineering*), cujo principal diferencial está na disponibilização de ajudas aos seus usuários, com relação aos conceitos da Engenharia de Software Experimental. Foi realizada uma avaliação da ferramenta com alunos e ex-alunos do curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Federal de Goiás (Regional Jataí). Para isso, utilizou-se um questionário construído com base no modelo TAM (*Technology Acceptance Model*), com o intuito de averiguar o que os avaliadores pensam a respeito da utilidade e da facilidade de uso da ferramenta TESE. O resultado foi considerado positivo, pois, em média 80%, dos avaliadores concordaram que a ferramenta apresenta boa utilidade e facilidade de uso.

Palavras-Chave

Engenharia de Software, Engenharia de Software Experimental, Ferramenta Computacional.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2015, May 26–29, 2015, Goiânia, Goiás, Brazil.
Copyright SBC 2015.

ABSTRACT

The Experimental Software Engineering is one of the sub-areas of Software Engineering (SE) and the aim is to improve methods, techniques and tools ES, from experimental methods. An experimental project involves several steps and activities that must be carried out by the researcher and participant, generating large amounts documents. This paper deals with experimentation in software engineering, presenting a tool for management of experimental projects, called TESE (*Tool for Experimental Software Engineering*), the main difference is the provision of aid to its members in relation to the concepts of Experimental Software Engineering. Evaluation one tool with students and former students of Bachelor of Computer Science at the Federal University of Goiás (Regional Jataí) was performed. For this, we used a questionnaire built on the model TAM (*Technology Acceptance Model*), in order to find out what the reviewers think about the usefulness and ease of use of TESE tool. The result was considered positive, as on average 80% of the evaluators agreed that the tool has good utility and ease of use.

Categories and Subject Descriptors

K.4.3 [**Organizational Impacts**]: Automation, Computer-supported collaborative work.

General Terms

Management, Measurement and Experimentation.

Keywords

Software Engineering, Experimental Software Engineering, Computational Tool.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Travassos [1][2], a Engenharia de Software Experimental tem como objetivo aprimorar métodos, técnicas e

ferramentas de Engenharia de Software a partir de métodos experimentais. Ainda segundo o autor, “somente experimentos verificam teorias, ou seja, somente experimentos podem explorar os fatores críticos e dar luz ao fenômeno novo para que as teorias possam ser formuladas e corrigidas”.

Uma das premissas da Gerência de Processos é que a qualidade de um produto pode ser influenciada pela qualidade do processo usado para adquiri-lo, desenvolvê-lo ou mantê-lo [3]. Por analogia, pode-se dizer também que os resultados de um estudo experimental também podem depender do processo de experimentação conduzido. Sendo assim, processos para experimentação em Engenharia de Software, que contemplem características específicas dessa área têm sido desenvolvidos. Contudo, mesmo com o apoio de um processo bem definido, a experimentação em Engenharia de Software, assim como em outras áreas, possui alguns desafios, como: (i) a dificuldade em administrar a grande quantidade de documentos gerados durante a realização dos experimentos; (ii) a dificuldade de se realizar estudos experimentais quando os participantes estão distribuídos geograficamente; (iii) a falta de experiência do pesquisador, referente a critérios técnicos em experimentação; e (iv) a falta de material que facilite o entendimento dos engenheiros de software quanto ao processo de construção e execução de um projeto experimental. Salienta-se que confecção de ferramentas computacionais específicas para condução de projetos experimentais pode auxiliar a pesquisa com relação ao gerenciamento e ao monitoramento das etapas do processo de experimentação, minimizando os desafios destacados anteriormente [4].

Entretanto, segundo Lopes [5], há escassez de ferramentas para gerenciamento de projetos experimentais e as existentes, como as desenvolvidas por Chapetta [4] e Dandolini [6] e a ferramenta proprietária DOE++ [7], não possuem algumas características que poderiam facilitar a execução e a disponibilização dos resultados de um projeto experimental, tais como: (i) disponibilização dos resultados do experimento aos interessados via web; e (ii) integração com ferramentas de formulários virtuais para coleta de dados, minimizando o esforço necessário para coleta e análise dos dados por parte do pesquisador.

Além disso, diferentemente do que ocorre com outras subáreas da Engenharia de Software, tais como “Engenharia de Requisitos”, “Teste” e “Manutenção de Software”, a Engenharia de Software Experimental não está na lista dos conteúdos a serem abordagens em cursos de computação, de acordo com as diretrizes curriculares apresentadas pela SBC (Sociedade Brasileira da Computação) [8]. Assim, alunos e profissionais que necessitam realizar trabalhos desta natureza têm encontrado dificuldades por não conhecerem os principais conceitos sobre experimentação. Neste sentido, outro problema encontrado é que as ferramentas para experimentação existentes na literatura não apresentam um bom suporte com ajudas (helps) que auxiliem seus usuários durante o processo de planejamento e execução de um estudo experimental.

Dessa forma, com o intuito de minimizar as deficiências dos trabalhos relacionados apontados anteriormente, este trabalho apresenta uma ferramenta computacional, denominada TESE (*Tool for Experimental Software Engineering*), para gerenciamento de projetos experimentais em Engenharia de Software. TESE segue as etapas definidas no processo de experimentação em Engenharia de Software proposto por Amaral [9]. Tal processo consiste nas etapas de definição, planejamento,

operação, interpretação dos dados e empacotamento que são mais bem detalhadas na Seção 2 deste trabalho. A ferramenta proposta apoia a realização das etapas desse processo da seguinte forma:

- Para a **etapa de definição**, a ferramenta permite que o pesquisador especifique: (i) o objeto de estudo a ser trabalhado; (ii) o propósito ou intenção do estudo; e (iii) as metas a serem atingidas;
- Durante a **etapa de planejamento**, o pesquisador poderá definir: (i) as variáveis dependentes e independentes do experimento (mais detalhes são apresentados na Seção 2.2); (ii) as hipóteses do estudo; (iii) os participantes e o método de amostragem a ser utilizado; (iv) o projeto do estudo experimental, que descreve como os testes serão organizados e executados; e (v) os formulários necessários para coleta dos dados do experimento;
- Para a **etapa de operação**, a ferramenta: (i) permite que o pesquisador convide, de forma automática (via email), participantes para execução do experimento; e (ii) permite que os participantes executem as tarefas definidas pelo pesquisador e registrem os dados obtidos por meio dos formulários virtuais, criados a partir de ferramentas específicas para elaboração de formulários como o Google Forms (<https://www.google.com/forms>) e Survey Monkeys (<https://pt.surveymonkey.com>), por exemplo; e
- Para a **etapa de empacotamento**, a ferramenta permite ao pesquisador, acessar e disponibilizar os resultados do experimento por meio de arquivos no formato PDF.

Durante todas as etapas do processo, o pesquisador encontrará ajudas para preencher os campos dos formulários da ferramenta, as quais descrevem conceitos e as definições de experimentação em Engenharia de Software. Além disso, o usuário tem a possibilidade de cadastrar seu próprio conjunto de ajudas (helps), apresentando exemplos mais específicos, relacionados à sua área de pesquisa. Esta funcionalidade serve para que outros pesquisadores da mesma área possam utilizar a ajuda criada por ele em seus próprios projetos experimentais.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentada uma descrição que contempla algumas definições sobre experimentação em Engenharia de Software, bem como as principais dificuldades encontradas por pesquisadores para a realização de estudos experimentais em Engenharia de Software. Além disso, apresenta-se uma descrição detalhada das etapas do processo proposto por Amaral [9] e algumas características, benefícios e limitações de ferramentas computacionais existentes para auxiliar pesquisadores no planejamento e na condução de estudos experimentais. Na Seção 3 é apresentada a ferramenta TESE; na Seção 3.1 está a arquitetura da ferramenta e na 3.2 estão suas funcionalidades. Na Seção 4 é apresentada a avaliação da ferramenta juntamente com critérios de avaliação. Na Seção 5 são apresentados os trabalhos relacionados. Por último, na Seção 6 estão a conclusão e trabalhos futuros.

2. ENGENHARIA DE SOFTWARE EXPERIMENTAL

Quando há uma investigação e se adquire uma base de evidências sobre um fenômeno, busca-se por explicações para tal fenômeno. Para obter tais explicações, surgem as hipóteses e para provar ou

refutar estas hipóteses são aplicados estudos experimentais (experimentação) [4].

A experimentação tem sido aplicada em diversas áreas do conhecimento, como física, química, ciências sociais, entre outras. No contexto da Engenharia de Software, segundo Wohlin *et al.* [10] e Wood *et al.*, [11], a experimentação pode ser utilizada para avaliar influência do fator humano nos processos de software, sendo que a expressão “processos de software” pode ser entendida como um conjunto de atividades para desenvolver produtos de software, a utilização de determinada ferramenta por um conjunto de usuários, entre outros.

De acordo com Pfleeger [12], nenhuma ciência pode avançar sem experimentação e medição. Nesta mesma linha de raciocínio, Sjøberg *et al.* [13] indicam que há uma crescente compreensão na Comunidade de Engenharia de Software sobre a necessidade da realização de estudos experimentais para se desenvolver e aprimorar processos, métodos e ferramentas para o desenvolvimento e manutenção de software.

Segundo Shull *et al.* [14], um processo, quando bem definido, pode ser observado e medido e, desta forma, melhorado. Processos são usados para se obter melhores práticas para tratar um problema. Para realizar um experimento com resultados válidos e confiáveis, o processo de experimentação deve ser organizado, controlado e acompanhado.

Para atingir esses objetivos, vários processos para condução de projetos experimentais têm sido propostos. As características que diferenciam um processo experimental de outro estão relacionadas às etapas e às atividades que o definem. Nesta seção, é abordado o processo para experimentação proposto por Amaral [9]. Este processo de experimentação possui etapas e atividades bem definidas, que detalham como um projeto experimental deve ser definido, planejado, executado e divulgado. Tal processo foi escolhido para ser abordado neste trabalho, pois: (i) possui descrição detalhada das etapas e atividades do mesmo, o que era um requisito importante para a confecção da ferramenta proposta; e (ii) tem sido utilizado em pesquisas recentes na área de Engenharia de Software Experimental [4].

O processo proposto por Amaral [9] é uma evolução do processo de Wohlin *et al.* [10], acrescentando-lhe um melhor detalhamento das atividades, bem como modificando o modelo de execução do modelo cascata para um modelo iterativo. Isto é, as etapas do processo de Wohlin *et al.* [10] foram mantidas, porém houve alterações nas ligações entre elas, possibilitando ao pesquisador, por exemplo, após a etapa de planejamento, retornar à etapa de definição para corrigir ou acrescentar alguns detalhes do projeto experimental. O processo proposto por Amaral [9] é definido pelas etapas de definição, planejamento, operação, análise e interpretação e empacotamento, que estão representadas na Figura 1.

2.1 Etapa de Definição

Definição é a primeira etapa deste processo de experimentação. Ela tem o propósito de definir os objetivos e as justificativas para a realização do projeto experimental. Segundo Chapetta [4], se os objetivos do experimento não forem apropriadamente definidos, pode haver muito retrabalho ou o estudo experimental pode não ser usado para o que foi inicialmente definido. As atividades desta etapa estão relacionadas com a definição de metas, hipóteses e objetivos do estudo. Para capturar tais informações importantes (metas, hipóteses e objetivos) para o projeto experimental, alguns pesquisadores (Wohlin *et al.* [10]; Amaral, [9]; Sjøberg *et al.*

[12]) sugerem o uso da abordagem GQM (*Goal/Question/Metric*), desenvolvida por Basili [15].



Figura 1. Processo de Experimentação proposto por Amaral (adaptado de Amaral [9]).

O principal objetivo desta abordagem é fornecer melhor entendimento dos processos, produtos, recursos e ambientes para estabelecer bases para comparações com trabalhos já realizados ou até mesmo com metas (índices) de mercado [13]. A abordagem GQM, neste contexto, tem como principais objetivos: (i) definir claramente os objetos do projeto experimental; (ii) gerar questões a partir desses objetivos, e (iii) decidir o que precisa ser medido para ser capaz de responder às questões adequadamente.

Nesta etapa, inclui-se ainda a definição breve dos recursos que serão utilizados no estudo, bem como quem serão os participantes que vão fazer parte do estudo e o ambiente onde será realizado experimento.

2.2 Etapa de Planejamento

A etapa de planejamento descreve como o estudo experimental será executado. Como em outras áreas, nas quais a experimentação é aplicada, é importante planejar o estudo e seguir os planos definidos para se obter maior controle durante a execução do mesmo. Não seguir o planejamento ou não planejar pode afetar os resultados do experimento e, até mesmo, invalidá-los.

No planejamento, o pesquisador deve descrever os produtos, recursos e processos envolvidos no estudo, incluindo: a população a ser estudada, a técnica a ser utilizada para se obter as amostras da população de estudo e o processo para alocar e administrar as variáveis independentes [16].

Para isso, a etapa de planejamento é dividida nas seguintes atividades: (i) seleção de contexto; (ii) seleção dos tipos de hipótese; (iii) seleção de tipo de variáveis; e (iv) seleção de participantes. Na atividade de seleção de contexto, visa-se a especificar um contexto específico, no domínio de Engenharia de Software, em que o experimento será conduzido, por exemplo, teste de software, manutenção, entre outros.

A partir das hipóteses formuladas na etapa de definição, elas são classificadas em dois tipos: (i) hipótese nula: assume-se que não há diferença entre as variáveis independentes com relação às variáveis dependentes; e (ii) hipótese(s) alternativa(s): sugerem(m) que há diferenças significativas entre as variáveis independentes. Por exemplo, considerando o cenário em que se deseja comparar a produtividade entre duas equipes de desenvolvimento, uma utilizando o modelo de processo de desenvolvimento de software cascata e outra utilizando o modelo espiral. A hipótese (nula) assume que não há diferença entre a produtividade das duas equipes. As hipóteses alternativas sugerem valores diferentes, a produtividade da equipe que usa o modelo cascata é diferente (maior ou menor) do que a produtividade da equipe que usa o modelo espiral.

A próxima atividade é seleção dos tipos de variáveis: independentes e dependente. As variáveis independentes são aquelas que podem ser controladas no estudo experimental e que podem gerar efeito sobre as variáveis dependentes. No exemplo citado anteriormente, a equipe é uma das variáveis independentes, o modelo de processo de desenvolvimento é outra. As variáveis dependentes são derivadas da hipótese e a observação dos efeitos das variáveis independentes sobre elas consiste no foco de um projeto experimental. No exemplo anterior, a produtividade é a variável dependente.

Também nesta etapa, realiza-se a atividade de seleção dos participantes, o que já tinha sido brevemente definido na etapa anterior. Nesta etapa os participantes predefinidos na etapa anterior são selecionados de acordo com as condições e abrangência do estudo. É analisada a área de abrangência do experimento e a distribuição geográfica dos participantes do mesmo. Para realizar um estudo experimental, a seleção deve ser representativa em relação à população analisada, caso contrário o resultado não poderá ser generalizado para a população alvo.

Há duas técnicas de amostragem: as probabilísticas e as não probabilísticas. A técnica probabilística seleciona participantes da lista de população aleatoriamente, ou seja, considera-se que cada indivíduo da população possui a mesma probabilidade de ser escolhido para a amostra. Já a técnica não probabilística seleciona participantes mais acessíveis para pesquisador, como por exemplo, os alunos de um curso em que o pesquisador leciona.

Outra atividade desta etapa consiste em projetar os instrumentos para execução do projeto experimental. Os instrumentos para um estudo experimental são de três tipos: objetos, diretrizes e artefatos de medição [17]. Os objetos podem ser, por exemplo, documentos de especificação ou de código fonte a serem utilizados. As diretrizes são necessárias para guiar os participantes no estudo experimental, por exemplo, um roteiro de atividades a serem realizadas. Os artefatos de medição são utilizados durante a coleta dos dados do experimento. Exemplos de artefatos de medição de dados são formulários, questionários, entre outros.

2.3 Etapa de Operação

Etapa de operação ocorre após o estudo experimental ser planejado. Na operação é realizado o monitoramento do processo de experimentação para ter certeza de que ele está sendo executado da maneira como foi planejado. Erros neste estágio podem inviabilizar o estudo experimental. Sugere-se ainda que, antes de realizar o estudo experimental, sejam realizados estudos pilotos ou trials, os quais provêm, dentre outras coisas, informações sobre a consistência do material experimental [9].

Nesta etapa o pesquisador tem contato com os participantes do experimento, com o intuito de coletar os dados por meio dos artefatos de medição preparados.

2.4 Etapa de Análise e Interpretação

A etapa de Análise e Interpretação tem como objetivo entender e explicar os resultados do estudo com base nos dados coletados. Esta análise consiste em verificar o que pode ter afetado de maneira indesejada os resultados obtidos e o que pode ser definido como resultado esperado do projeto experimental. É importante explicar que questões foram respondidas e não simplesmente apresentar os dados. Deve-se também discutir o significado prático dos resultados [9].

2.5 Etapa de Empacotamento

Na etapa de empacotamento é realizado o registro das informações, artefatos e conclusões obtidas com a condução do projeto experimental. Nesta etapa, define-se a política de como o pacote com dados do experimento será disponibilizado para a comunidade de interessados, isto é, se toda documentação será disponibilizada ou somente alguma parte dela. Além da questão da divulgação dos resultados, o empacotamento é importante, pois fornece os elementos necessários para permitir a replicação e/ou comprovação dos resultados por outros pesquisadores [18].

3. FERRAMENTA TESE

3.1 Arquitetura do Sistema

A ferramenta TESE (*Tool for Experimental Software Engineering*) foi desenvolvida em conformidade com os padrões arquiteturais MVC (Model-View-Controller) e Cliente/Servidor, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Com base nesta figura, são visíveis as três camadas do padrão MVC (*Model-View-Controller*) e os dois módulos da arquitetura Cliente/Servidor. O acesso à TESE ocorre via browser (navegador) (Figura 2 - 1) e pode ocorrer por meio de diversos tipos de dispositivos como computadores pessoais, *tablets*, smartphones (Figura 2 - 2), desde que possuam acesso à internet (Figura 2 - 3). Ressalta-se que o conteúdo apresentado em um computador pessoal será o mesmo apresentado em um dispositivo móvel. Contudo, o sistema foi desenvolvido de forma que seu *layout* fosse responsivo, se adequando a diversos tamanhos de tela.

A Figura 2 - 4 apresenta a necessidade de a ferramenta estar hospedada em um servidor de aplicações web. A Figura 2 - 5 apresenta os principais elementos do padrão arquitetural MVC, implementado por meio da linguagem PHP e do framework MVC CodeIgniter (<http://www.codeigniter.com/>).

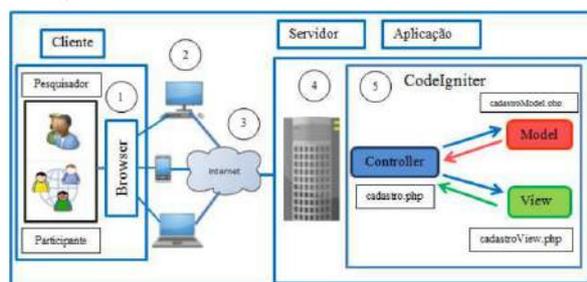


Figura 2. Arquitetura da ferramenta TESE.

O *controller*, representado nesta imagem pelo arquivo “cadastro.php”, determina o que vai ser carregado no *browser* do usuário e decide o que fazer com cada requisição que chega ao servidor; por meio da *view*, arquivo “cadastroView.php”, o usuário interage com a ferramenta, gerando requisições a serem tratadas pelo controlador; por fim, o *model*, arquivo “cadastroModel.php”, faz acesso ao banco de dados, armazenado e retornando dados de acordo com as operações invocadas pelo *controller*.

Algumas das vantagens deste modelo de arquitetura é que ele torna a aplicação flexível, facilitando seu reuso e manutenção, além de não exigir instalação na máquina do usuário.

É importante ressaltar que TESE é livre e pode ser obtida gratuitamente em: <http://goo.gl/gDi3Fn>.

3.2 Funcionalidade da Ferramenta

Nesta seção, são apresentadas as principais funcionalidades da ferramenta TESE para gerenciamento do projeto experimental, bem como para ajuda (helps) aos seus usuários.

3.2.1 Suporte para uso da ferramenta (helps)

A ferramenta TESE apresenta suporte ao usuário, por meio de recursos de ajuda (helps). Quando se tem a necessidade de definir um projeto experimental, o pesquisador deve definir vários elementos deste projeto, como o objetivo do projeto, suas hipóteses e métricas, entre outros. Pesquisadores com pouco conhecimento em experimentação podem apresentar dificuldades para especificar tais elementos.

Assim, a ferramenta TESE oferece suporte ao usuário por meio de dois tipos de ajuda, a ajuda básica, que apresenta a definição de conceitos básicos sobre experimentação e a ajuda avançada, com exemplos práticos e específicos para uma determinada área da Engenharia de Software. Além disso, a ferramenta permite que seus usuários cadastrem novos tipos de ajudas personalizadas. Ou seja, os próprios pesquisadores poderão cadastrar ajudas relacionadas à sua área de trabalho, adicionando exemplos práticos que ajudarão outros usuários destas subáreas durante a definição de seus projetos experimentais.

No cadastro, o usuário deverá informar o título da ajuda, que deve ser único e as explicações para cada elemento básico de um projeto experimental. O cadastro da ajuda avançada é realizado após o cadastro da ajuda básica, pois as duas ajudas devem estar voltadas para mesmo assunto.

Geralmente, a ajuda básica é utilizada para um acesso rápido à definição de um determinado conceito, já a avançada apresenta exemplos práticos e específicos daquele conceito para uma determinada área. Por exemplo, no cadastro de ajuda básica, o usuário pode definir o conceito de métrica como “uma medida a respeito de um produto ou processo”. Já na ajuda avançada, o pesquisador pode colocar exemplos de métricas para a área de interesse dele. Por exemplo, uma métrica na área de testes pode ser “quantidade de defeitos por linha de código”.

A ferramenta TESE já traz, por padrão, dois tipos de ajudas personalizadas, uma para a área de experimentação em usabilidade de software e outra para a área de modelos de desenvolvimento de software. Ao iniciar um projeto experimental, o pesquisador define a ajuda que será utilizada no projeto e avança para etapa de definição do projeto. As ajudas são apresentadas acima dos campos do formulário que serão preenchidos conforme apresentado na Figura 3.

Além das ajudas, o pesquisador ainda encontra como auxílios para gerenciamento do projeto experimental, os recursos de bread crumbs (Figura 3 - 1) e de uma imagem do processo de Amaral [9] (Figura 3 - 2), que os orientam com relação a qual fase do processo de experimentação o projeto se encontra.

A imagem com o processo de experimentação seja alterada à medida que o usuário navega pelas fases do mesmo, dando destaque para a fase atual do processo de experimentação. Além disso, uma barra de progresso avança (Figura 3 - 3), mostrando o quanto já foi concluído e o quanto falta para finalizar o cadastro do projeto experimental.

3.2.2 Gerenciamento do processo

Nesta seção são apresentadas as funcionalidades da ferramenta TESE relacionadas ao gerenciamento de projeto experimental.

A página de cadastro de um novo solicita informações importantes dos usuários como: email, cidade, estado, área de atuação, área de interesse e instituição. Estas informações são importantes, principalmente para pesquisadores que desejam selecionar participantes de estados ou instituição diferentes dos seus. Isso também se aplica à área de atuação e de interesse, uma vez que, geralmente, procura-se participantes com interesse em determinadas áreas para participação em um projeto experimental.

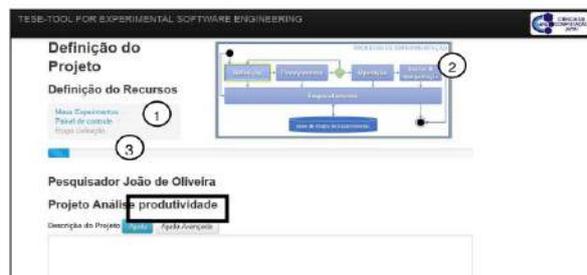


Figura 3. Tela com botões para ajuda básica e avançada.

Um projeto de experimentação tem início com cadastramento das informações iniciais do projeto como: nome, instituição e ajudas. Caso deseje, o usuário pode optar por utilizar alguma ajuda pré-definida por outros usuários do sistema. Posteriormente, são cadastradas as informações requeridas durante para as fases de definição e planejamento, conforme foi apresentado na Seção 2 deste trabalho. Na etapa de planejamento, por exemplo, o pesquisador pode anexar se houver necessidade, insumos (arquivos) que farão parte do projeto experimental, como por exemplo, um código-fonte a ser analisado, o instalador de determinada ferramenta, um jogo, tutoriais, entre outros.

Para realizar a coleta dos dados, a ferramenta permite que pesquisador informe o link de um ou mais formulários eletrônicos, desenvolvidos por ferramentas para confecção de questionários, como o *Google Forms*, *Survey Monkeys*, por exemplo. Assim, o participante do experimento terá acesso ao formulário durante a realização do experimento e o pesquisador tem flexibilidade de escolher a ferramenta para elaboração de formulários que desejar desde que ao final seja gerado um *link* para acesso a esse formulário.

Para seleção dos participantes do experimento, pode-se realizar buscar pela cidade/estado onde mora o participante, pela área de atuação ou área de interesse do mesmo, pelo seu nome, entre outros. A única exigência é que o participante esteja cadastrado no sistema. Caso o mesmo não esteja, é possível enviar um convite para cadastramento via *email* a partir da própria ferramenta.

É importante ressaltar que a ferramenta TESE não contempla a etapa de operação e interpretação dos dados do processo proposto por Amaral [9]. A etapa de operação refere-se à coleta de dados, que deverá ser efetuada a partir de um formulário eletrônico, cujo *link* foi cadastrado na etapa de planejamento. Assim, a criação do formulário, bem como a manutenção das respostas dos participantes é feita em outra ferramenta. Trata-se de um trabalho futuro, prover uma melhor integração entre as ferramentas de criação de formulários eletrônicos e a TESE.

Para interpretação dos dados, recomenda-se que o pesquisador exporte os dados consolidados dos formulários eletrônicos para um formato que possa ser utilizado por ferramentas de análise estatística, como o software R (<http://www.r-project.org/>), por

exemplo. Após a análise e interpretação dos dados, pesquisador deve retornar a ferramenta TESE para realizar a etapa de empacotamento das informações do projeto e dados coletados.

Nesta etapa, o pesquisador anexa o relatório com os dados coletados e o resultado de sua análise e define a política de empacotamento, isto é, se toda documentação será disponibilizada ou somente alguma parte dela. Estes dados serão então disponibilizados na ferramenta para outros pesquisadores tenham acesso a eles (Figura 4).

4. AVALIAÇÃO

Para avaliação da ferramenta TESE, utilizou-se o modelo de avaliação denominado TAM (*Technology Acceptance Model*). O objetivo do TAM é explicar o comportamento das pessoas quando se diz respeito à facilidade de uso e à utilidade de uma tecnologia ou sistema disponibilizado a elas. Segundo Davis *et al.* [19], modelo TAM dois constructos básicos: (i) **Utilidade percebida**, que mede o quanto uma pessoa acredita que usar determinada tecnologia aumenta seu desempenho no trabalho/estudo; e (ii) **Facilidade de uso percebida**, que mede o quanto uma pessoa acredita que o uso de determinada tecnologia é fácil.



Figura 4. Etapa empacotamento.

Para obter conclusões a respeito desses constructos, o modelo TAM sugere a criação de questionários, para os quais são atribuídas afirmações relacionadas à facilidade de uso e utilidade da tecnologia em análise. Para cada afirmação, o respondente poderá escolher uma dentre as seguintes opções “1 - Discordo Totalmente”, “2 - Discordo Fortemente”, “3 - Discordo Parcialmente”, “4 - Neutro”, “5 - Concordo Parcialmente”, “6 - Concordo Fortemente” e “7 - Concordo Totalmente”, conforme sua opinião sobre esta afirmação.

Neste sentido, um usuário, após ter passado por um treinamento sobre a ferramenta TESE e a ter utilizado, poderá mensurar qualitativamente seu “sentimento” de utilidade e facilidade de uso desta ferramenta, com base nas alternativas citadas anteriormente.

A Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 apresentam as questões utilizadas para avaliação do treinamento oferecido aos avaliadores da ferramenta, da facilidade de uso e da utilidade percebidas pelos avaliadores com relação à ferramenta TESE.

A avaliação da TESE contou com a participação de 10 (dez) avaliadores, sendo todos estudantes e ex-estudantes do curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, seis com ensino superior incompleto e quatro com ensino superior completo.

Dos dez avaliadores, oito cursaram a disciplina de Engenharia de Software pelo menos uma vez e dois dos avaliadores ainda não tinham cursado tal disciplina. A Tabela 4 apresenta os dados coletados a partir do questionário de avaliação para o quesito treinamento.

Tabela 1 - Questões quanto à Avaliação do Treinamento

Código	Questões
04	O treinamento oferecido a mim quanto ao uso da TESE foi completo.
05	O treinamento me deu confiança para utilizar a ferramenta.
06	O treinamento foi adequado em termos de nível de detalhamento.

Tabela 2 - Questões Quanto à Facilidade de Uso Percebida

Código	Questões
07	Eu gostei de utilizar a TESE.
08	O acesso à TESE é simples.
09	Usar TESE é uma boa ideia.
10	Na TESE eu sempre sei onde estou e como chegar aonde eu quero.
11	Os recursos de manipulação da TESE estão todos claros e fáceis de achar.
12	Minha interação com a TESE é clara e compreensível.
13	Na TESE, é fácil encontrar a informação que desejo.
14	A TESE possui visual/interface atraente.
15	Mesmo antes de clicar em um botão na TESE eu já sei a ação dele.

Tabela 3 - Questões quanto à Utilidade de Uso Percebida

Código	Questões
16	Utilizar a TESE é importante e adiciona valor ao meu estudo/trabalho.
17	A TESE é útil no processo de ensino-aprendizado dos conceitos de Experimentação em Engenharia Software.
18	Usar a TESE pode aumentar meu desempenho durante os estudos ou ensino dos conceitos de Engenharia de Software Experimental.
19	A TESE pode facilitar a realização do meu estudo/trabalho.
20	A TESE produz os resultados que espero de uma ferramenta de suporte gerenciamento de experimentos em Engenharia de Software.
21	Eu pretendo integrar TESE à minha rotina de trabalho/estudo.
22	Eu recomendaréi o uso da TESE.
23	Os conceitos de Engenharia de Software Experimental foram abordados por completo na TESE.

Tabela 4-Respostas quanto ao treinamento

Questões	Respostas						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
04	0%	0%	0%	10%	0%	30%	60%
05	0%	0%	0%	20%	10%	40%	30%
06	0%	0%	0%	10%	10%	50%	30%
Média	0%	0%	0%	13,3%	6,7%	40%	40%

Legenda: R1. Discordo inteiramente; R2. Discordo em grande parte; R3. Discordo Parcialmente; R4. Neutro; R5. Concordo parcialmente; R6. Concordo em grande parte; R7. Concordo Inteiraente.

Com relação ao treinamento, pode-se considerar que o mesmo foi satisfatório, visto que a maioria dos avaliadores (90% na questão 04, 70% na questão 05 e 80% na questão 06) concordou em grande parte ou totalmente que o treinamento foi suficiente para que eles entendessem como utilizar a ferramenta TESE. Entretanto, 20% dos avaliadores deram respostas neutras à questão 05: “O treinamento me deu confiança para utilizar a ferramenta”. Uma possível causa pode ser o fato de o treinamento ter sido realizado via web e não presencialmente.

A Tabela 5 apresenta os dados das respostas obtidas no quesito facilidade de uso da TESE. Com relação a esta tabela, pode-se destacar que 100% dos participantes da avaliação concordaram totalmente ou em grande parte que o acesso à ferramenta TESE é fácil (questão 08). Acredita-se que isso seja devido à escolha da plataforma de desenvolvimento e do acesso via *web*, sem necessidade de instalação da ferramenta na máquina do usuário.

Além disso, a grande maioria dos avaliadores concordou que utilizar a TESE é uma boa ideia, pois, em média, 80% dos avaliadores concordaram em grande parte ou totalmente quanto à facilidade de uso da TESE.

Outro ponto importante para se destacar é sobre a questão 15: “mesmo antes de clicar em um botão na TESE, eu já sei a ação dele”; entre as questões relacionadas à facilidade de uso, a que obteve o resultado mais baixo foi esta questão: 20% dos avaliadores escolheram a opção “Neutro”. Apesar de o resultado

não ser negativo, faz-se necessário avaliar melhor as características de usabilidade da ferramenta, com o intuito de aumentar o índice de aceitação para esta questão.

Tabela 5-Respostas quanto à facilidade de uso percebida

Quest.	Respostas						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
07	0%	0%	0%	0%	20%	20%	60%
08	0%	0%	0%	0%	10%	20%	70%
09	0%	0%	0%	0%	20%	10%	70%
10	0%	0%	0%	0%	40%	20%	40%
11	0%	0%	0%	0%	30%	30%	40%
12	0%	0%	0%	0%	10%	20%	70%
13	0%	0%	0%	10%	0%	50%	40%
14	0%	0%	0%	0%	10%	30%	60%
15	0%	0%	0%	20%	10%	10%	60%
Média	0%	0%	0%	3,3%	16,6%	23,3%	56,6%

Legenda: R1. Discordo inteiramente; R2. Discordo em grande parte; R3. Discordo parcialmente; R4. Neutro; R5. Concordo parcialmente; R6. Concordo em grande parte; R7. Concordo inteiramente.

A Tabela 6 apresenta os dados obtidos quanto ao quesito utilidade percebida pelos avaliadores.

Tabela 6-Respostas quanto à utilidade percebida

Questões	Respostas						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
16	0%	0%	0%	0%	20%	10%	70%
17	0%	0%	0%	0%	20%	20%	60%
18	0%	0%	0%	10%	0%	20%	70%
19	0%	0%	0%	0%	10%	50%	40%
20	0%	0%	0%	0%	10%	50%	40%
21	0%	0%	0%	0%	10%	40%	50%
22	0%	0%	0%	10%	10%	20%	60%
23	0%	0%	0%	10%	10%	30%	50%
Média	0%	0%	0%	3,75%	11,25%	30%	55%

Legenda: R1. Discordo inteiramente; R2. Discordo em grande parte; R3. Discordo parcialmente; R4. Neutro; R5. Concordo parcialmente; R6. Concordo em grande parte; R7. Concordo inteiramente.

Quanto à utilidade percebida, pode se considerar satisfatória, pois 80% dos avaliadores concordaram totalmente ou em grande parte que a ferramenta TESE pode ser útil no processo de ensino-aprendizagem sobre Engenharia de Software Experimental (Questão 17). Além disso, 90% dos avaliadores também concordaram totalmente que a TESE pode facilitar a realização de seus estudos-trabalho.

Quando perguntados sobre integrar a ferramenta TESE à suas rotinas de trabalho/estudo, 90% concordaram totalmente. Isso se deve ao fator de a ferramenta possuir enfoque educacional, por meio das ajudas disponibilizadas, mas também por ser voltada para o gerenciamento de projetos experimentais reais.

Por fim, pode-se observar que para o quesito utilidade percebida, uma média de 85% dos participantes, concordaram em grande parte ou totalmente com todas as questões.

As médias apresentadas na Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6 são sumarizadas no gráfico da Figura 5.

Pode-se notar que, para todas as categorias (treinamento, facilidade de uso e utilidade percebidas) a porcentagem média de avaliadores que escolheram as opções “concordo inteiramente” ou “concordo em grande parte” ultrapassou os 80%, o que pode indicar uma boa aceitação da ferramenta por parte dos avaliadores.

Segundo Wholim *et al.* [10], um estudo experimental está sujeito a situações que podem ameaçar a validade dos resultados obtidos a partir deste estudo. As principais ameaças tratadas neste estudo, são as ameaças à **validade Interna e externa**.

Esse tipo de ameaça refere-se às questões que afetam a habilidade de assegurar que os resultados não foram obtidos em decorrência de uma coincidência e que os mesmos podem ser generalizados para um contexto mais amplo daquele selecionado para o estudo. Sendo assim, os fatores importantes que podem ter influenciado nos resultados deste experimento são: (i) o curto espaço de tempo em que a ferramenta ficou sob avaliação; (ii) a utilização de alunos de graduação do curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Contudo, não foram demonstradas expectativas a favor ou contra a ferramenta sob análise, para que os participantes não fossem influenciados; e (iii) a falta de clareza das afirmações dos questionários apresentados aos avaliadores, que pode ter gerado interpretações ambíguas. Com o intuito de mitigar essas possíveis ameaças, pretende-se replicar tal experimento com outros grupos de participantes e em um espaço de tempo maior.

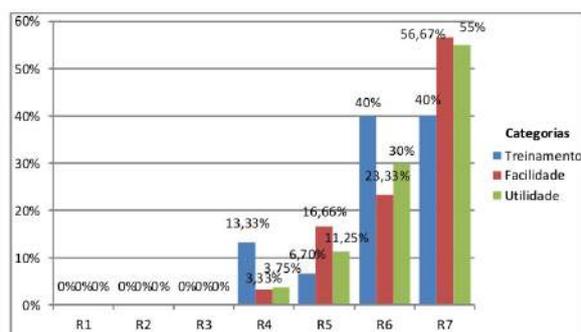


Figura 5 – Resultados da avaliação da ferramenta TESE.

5. TRABALHOS RELACIONADOS

Um trabalho que pode ser relatado como relacionado a este é o protótipo desenvolvido por Chapetta [4], que contempla as seguintes funcionalidades: (i) definição do estudo experimental; (ii) planejamento para caracterização e atribuição dos participantes ao experimento; (iii) execução do estudo, coleta de dados e monitoramento do experimento; (iv) análise e interpretação dos dados; e (v) empacotamento e disponibilização dos resultados do experimento para comunidade de Engenharia de Software.

Uma limitação deste sistema é a forma como ele trata os dados dos participantes. Os participantes preenchem um arquivo, por exemplo, do Word ou do Excel, e depois submetem, no próprio sistema. Durante a fase de análise dos dados, o pesquisador terá que abrir arquivo por arquivo e lançar os dados em um software estatístico para análise dos mesmos. Ao final do experimento o pesquisador terá duas bases de informações em dois sistemas diferentes. Além disso, esta ferramenta não apresenta qualquer tipo de recurso de ajuda à condução de um projeto experimental, como é feito na TESE.

Outra ferramenta de apoio à experimentação, em particular à experimentação em Engenharia de Software, foi desenvolvida no trabalho de Dandolini [6]. O processo utilizado como base para confecção desta ferramenta foi proposto por Travassos [1]. Este processo possui as mesmas etapas do processo de Amaral [9] e não foi descrito neste trabalho por se tratar de um processo obsoleto, que sofreu evolução e foi substituído pelo processo de Amaral [9]. O diferencial desta ferramenta com relação à anterior é que ela gera gráficos dos dados obtidos no experimento. Entretanto, uma de suas limitações é que ela pode ser executada apenas em ambiente *desktop*, dificultando o acesso de

participantes distribuídos geograficamente no estudo experimental.

Por fim, destaca-se a ferramenta DOE++ [7], um software proprietário para experimentação. Trata-se de uma aplicação para *desktop* com funções para análise de variância da informação, visão geral dos efeitos dos fatores sobre as variáveis dependentes, entre outros. Além disso, DOE++ possui recursos de apresentação de gráficos de diversos tipos, tais como gráfico de probabilidade normal, gráfico de dispersão, gráfico de Pareto, gráfico de cubo, entre outros. Suas principais limitações são não permitir o cadastramento de participantes do estudo, nem a coleta automática dos dados. Assim como ocorre na ferramenta proposta por Dandolini [6], não há mecanismos que permitam ao participante exportar um arquivo com as respostas dos formulários do estudo experimental. Sendo assim, o pesquisador deve coletar os dados via formulário em papel ou documentos eletrônicos (Word, Excel, entre outros) e inserir manualmente os dados no DOE++. Cabe ressaltar ainda que esta ferramenta não é específica para experimentação em Engenharia de Software, portanto, não está relacionada a qualquer processo de experimentação em Engenharia de Software. O último fator de contraste desta ferramenta com a TESE é que DOE++ é uma ferramenta proprietária e paga

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho, destacou-se os principais conceitos sobre gerenciamento de projetos de experimentação em Engenharia de Software, bem como os seus desafios, tais como: (i) a dificuldade em administrar grande quantidade de documentos; (ii) a dificuldade em entender uma grande quantidade de procedimentos que devem ser realizados para que se atinja o sucesso do projeto; (iii) a dificuldade de se trabalhar com participantes distribuídos geograficamente; (iv) a falta de experiência do pesquisador, referente a critérios técnicos em experimentação em Engenharia de Software; e (v) a falta de ferramentas de apoio, que facilitem o entendimento dos engenheiros de software, quanto à construção e execução de um projeto experimental. Como trabalhos futuros, pretende-se: i) permitir a criação de formulários integrados à ferramenta, para facilitar a coleta e manipulação dos dados; ii) permitir a integração da ferramenta TESE com redes sociais profissionais, como o LinkedIn, para facilitar a colaboração entre pesquisadores; iii) internacionalizar a interface da ferramenta, para que profissionais de outras partes do mundo possam utilizá-la; e iv) O reduzido número de participantes da avaliação é uma ameaça à validade do estudo. Sendo assim, pretende-se replicar a avaliação da ferramenta com outros usuários, com o intuito de reforçar as afirmações destacadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] TRAVASSOS, G. G.; GUROV, D.; AMARAL, E. A. G. G. Introdução à Engenharia de Soft. Exp. UFRJ, 2002. Disponível em: <<http://www2.ufpa.br/cdesouza/teaching/topes/4-ES-Experimental.pdf>>. Acesso em: Abril/2015.
- [2] TRAVASSOS, G. H., SANTOS, P. S. M., MIAN, P. G., DIAS NETO A. C., BIOLCHINI, J. "A Environment to Support Large Scale Experimentation in Software Engineering", 13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, 2008.
- [3] CMMI Capability maturity model integration. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburg, PA, Tech. Rep. SEI-2002-TR-012, 2002.
- [4] CHAPETTA, W. A. Uma Infra-Estrutura para Planejamento Execução e Empacotamento de Estudos Exp. em Eng. de Soft., Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.
- [5] LOPES, V. P., TRAVASSOS, G. H. Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento de Estudos Experimentais em Engenharia de Software. Workshop do ESELAW, 2010.
- [6] DANDOLINI, J. "Ferramenta de Apoio a Realização de Experimentos em engenharia de Software". Monografia, Universidade Regional de Blumenau, Ciências da Computação, 2006;
- [7] Software DOE++. Disponível em: <<http://www.reliasoft.info/download/>> Acesso em: Abril/15.
- [8] SBC, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=186&catid=36>. Acesso em: Abri/2015.
- [9] AMARAL, E. A. G. G. Empacotamento de Exp. em Eng. de Soft., Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.
- [10] WOHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., OHLSSON, M.C., REGNELL, B., WESSLÉN, A. Exp. in Soft. Eng.: an Introduction, USA, Kluwer Academic Publishers, 0-7923-8682-5, 2000.
- [11] WOOD, M., DALY, J., MILLER, J., ROPER, M. "Multi-Method Research: An Empirical Investigation of Object-Oriented Technology", Journal of Syst. and Soft., v. 48, n. 1 (August), pp. 13-26, 1999.
- [12] PFLEEGER, S.L. "Albert Einstein and Empirical Software Engineering", IEEE Computer (October), pp. 32-38, 1999.
- [13] SJØBERG, D.I.K., HANNAY, J.E., HANSEN, O., KAMPENES, V.B., KARAHASANOVIC, A., LIBORG, N.-K., REKDAL, A.C. "A Survey of 116 Controlled Experiments in Software Engineering", IEEE TRANSACTIONS ON SOFT. ENG., v. 31, n. 9, p. 733-753, 2005.
- [14] SHULL, F., CARVER, J., TRAVASSOS, G.H. "An Empirical Methodology for Introducing Software Processes". In: 8th European Software Engineering Symposium, Vienna, Austria, September, 2001.
- [15] BASILI, Victor R. Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm. 1992.
- [16] KITCHENHAM, B.A., PFLEEGER, S.L. "Principles of Survey Research, Part 5: Populations and Samples", ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, v. 27, n. 5 (September), 2002.
- [17] JURISTO, Natalia; MORENO, Ana M. Basics of software engineering experimentation. ISBN:1441950117 9781441950116, Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.
- [18] AMARAL, E.A.G.G., TRAVASSOS, G.H., 2001, Empacotamento de Experimentos em Engenharia de Software. In: Workshop de Teses em Engenharia de Software - WTES'2001 (SBES), pp. 47-50, Rio de Janeiro, Brasil.
- [19] DAVIS, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319-341.