

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Eduardo Ivan Beckenkamp

**PROTÓTIPO DE SIMULAÇÃO PARA UM
SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO**

Santa Cruz do Sul

2015

Eduardo Ivan Beckemkamp

**PROTÓTIPO DE SIMULAÇÃO PARA UM
SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO**

Trabalho de conclusão II apresentado ao curso de
Ciência da Computação da Universidade de
Santa Cruz do Sul para obtenção do título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Me. Kurt Werner Molz

Santa Cruz do Sul

2015

“Tudo deveria ser simplificado ao máximo,
mas não tornado mais simples.”

Albert Einstein

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo Genérico de Processo de Negócio	15
Figura 2 - Motivadores clássicos	16
Figura 3 - Frustrações e compensações de curto, médio e longo prazo	17
Figura 4 - Ciclo de vida de um processo	18
Figura 5 - Exemplos de elementos de notação	19
Figura 6 - Exemplo de uma simulação com as notações	20
Figura 7 - Principais funcionalidades	21
Figura 8 - Ciclo de vida BPM com BPMS	22
Figura 9 - Metodologia de Simulação	24
Figura 10 - Formas de análise de circunstâncias	25
Figura 11 - Suite Strategic Adviser	26
Figura 12 - Slogan da ferramenta SA - BPM	27
Figura 13 - Tela do SA-BPM mostrando um processo mapeado	28
Figura 14 - Bizagi Modeler.	30
Figura 15 - Simulador	31
Figura 16 - custos dos recursos	33
Figura 17 - tempos dos recursos	33
Figura 18 - Exemplo de modelagem no ARENA.	34
Figura 19 - Propriedades do campo.	36
Figura 20 - Configuração de parâmetros de um recurso	37
Figura 21 - Exemplo de simulação no ARENA	37
Figura 22 - Soluções oferecidas pela SoftExpert	39
Figura 23 - Modelagem	40
Figura 24 - Simulador de processos	41
Figura 25 - Medição de desempenho individual	42
Figura 26 - Visão geral da tela principal do Protótipo	45
Figura 27 - Dados principais do processo	45
Figura 28 - Janela de manipulação dos recursos	46
Figura 29 - Seleção de uma atividade do tipo “normal”	47
Figura 30 - Seleção de uma atividade do tipo “gateway”	47
Figura 31 - Simulando	48

Figura 32 - Simulando	49
Figura 33 - Comparação	51
Figura 34 - Overview de execução	52
Figura 35 - Fluxo de criação da tela e seleção de processo	54
Figura 36 - Fluxo de criação da tela e seleção de processo	55
Figura 37 - index.zul - onde o sistema inicia	55
Figura 38 - SimInputs.java - criação de campos e inclusão dos processos no combobox	56
Figura 39 - DB_ALL.java - seleção de todas as operações de determinado processo	56
Figura 40 - Fluxo de manipulação dos recursos	57
Figura 41 - Configuração do processo e das atividades	58
Figura 42 - Fluxo de configuração do processo e das atividades	59
Figura 43 - Salvar configurações no banco de dados	61
Figura 44 - Detalhar tamanho e setar valores no grid	61
Figura 45 - Fluxo de simulação	62
Figura 46 - Início da função de simulação	63
Figura 47 - tipo: Início	64
Figura 48 - função de buscar a próxima atividade	65
Figura 49 - tipo:normal/ invocação de aplicativo/ transação/ sub-processo/outros	65
Figura 50 - Fluxo de resultado	67
Figura 51 - fluxo de comparação	69
Figura 52 - Processo 1: Devolução de produto (teste total)	71
Figura 53 - Simulação individual: recursos utilizados	72
Figura 54 - Simulação individual: overview dos resultados	73
Figura 55 - Simulação individual: recursos	74
Figura 56 - Simulação individual: atividades	74
Figura 57 - Simulação individual: atividades - continuação	74
Figura 58 - Simulação individual: outros parâmetros - simulação	76
Figura 59 - Simulação individual: outros parâmetros - resultados	76
Figura 60 - Simulação individual: outros parâmetros - resultados - continuação	77
Figura 61 - Processo 1: protótipo	78
Figura 62 - Processo 1: protótipo - continuação	79
Figura 63 - Bizagi: processo 1 - recursos	79
Figura 64 - Bizagi: configuração do calendário	80

Figura 65 - Bizagi: processo 1 - atividades	81
Figura 66 - Bizagi: processo 1 - atividades - continuação	81
Figura 67 - Arena: processo 1 - atividades	82
Figura 68 - Arena: processo 1 - análise de uma atividades	83
Figura 69 - Arena: processo 1 - recursos	84
Figura 70 - Publicações por país	89
Figura 71 - Resultados por área de pesquisa	90
Figura 72 - Publicações por país	92
Figura 73 - Resultados por área de pesquisa	92
Figura 74 - Publicações por país.	94
Figura 75 - Resultados por área de pesquisa	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impacto positivo do BPM no negócio	13
Tabela 2 - Configuração da pesquisa	43
Tabela 3 - Publicações por ano	43
Tabela 4 - Configurações das pesquisas	45
Tabela 5 - Publicações por ano	46
Tabela 6 - Configuração das pesquisas	48
Tabela 7 - Publicações por ano	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ABPMP	<i>Association of Business Process Management Professionals</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
BPMS	<i>Business Process Management System</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EUA	Estados Unidos da América
GIGO	<i>Garbage In, Garbage Out</i>
SA	<i>Strategic Adviser</i>
UNISC	Universidade de Santa Cruz do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos Gerais	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Motivação	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Business Process Management (BPM).....	15
2.2 Business Process Model and Notation (BPMN).....	19
2.3 Business Process Management System (BPMS).....	21
2.4 Simulação	23
2.5 Interact Solutions	25
2.5.1 Suite Strategic Adviser (SUITE SA)	26
2.5.2 Strategic Adviser - Business Process Management (SA - BPM).....	26
3 TRABALHOS RELACIONADOS	29
3.1 Bizagi.....	29
3.1.1 Bizagi Modeler	30
3.1.2 Simulação no Bizagi Modeler	31
3.1.3 Considerações sobre Bizagi.....	34
3.2 Arena.....	34
3.2.1 Simulação no Arena.....	36
3.2.2 Considerações sobre Arena.....	38
3.3 SoftExpert.....	38
3.3.1 SoftExpert BPM	39
3.3.2 Considerações sobre o softexpert	42
3.4 Considerações sobre trabalhos relacionados	43
4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....	44
4.1 Visão geral da solução proposta	44
4.1.1 Detalhes do processo	45
4.1.2 Recursos.....	46
4.1.3 Lista de Atividades e suas configurações	47
4.1.4 Simulação	48
4.1.5 Resultados.....	48
4.1.6 Comparação	51
4.1.7 Overview de execução.....	52

4.2	Estrutura e especificação	52
4.2.1	Plataforma de desenvolvimento.....	53
4.2.2	Banco de dados	53
4.3	Funcionalidade e lógica de execução	54
4.3.1	Criação da tela e seleção de processo	54
4.3.2	Manipulação dos recursos	57
4.3.3	Configuração do processo e das atividades	58
4.3.4	Simulação	60
4.3.5	Resultado	67
4.3.6	Comparação	69
4.4	Estudo de caso	70
4.4.1	Processo utilizado	70
4.4.2	Simulação individual	71
4.4.3	Simulação individual: outros parâmetros	75
4.4.4	Simulação comparativa.....	77
4.4.4.1	Protótipo	78
4.4.4.2	Software Bizagi	79
4.4.4.3	Software Arena	82
4.5	Considerações sobre o estudo de caso	85
5	BIBLIOMETRIA.....	87
5.1	Termo Business Process Management.....	87
5.2	Termo Simulation software.....	90
5.3	Business Process Management & Simulation Software.....	93
6	CONCLUSÃO.....	96
7	REFERÊNCIAS	99

RESUMO

Quando trabalha-se para uma empresa, seja ela própria ou de terceiros, objetiva-se a geração de lucro. A Gestão de Processos de Negócio (BPM) auxilia o controle e a qualidade dos setores das empresas, tendo os processos desenhados e definidos de forma visualmente clara. A tecnologia da informação, facilitando a gestão empresarial, tem uma ligação forte com o BPM quando ligado à criação, aos testes e a consistência de processos de negócio. Integrado aos sistemas de BPM, a simulação gera impactos significativos na construção e otimização de processos, visto que em alguns casos não é possível medir a abrangência e todos os problemas possíveis em processos a serem criados, ou fique inviável parar processos existentes para que se façam testes de otimização ou análises precisas de gargalos. Tendo o foco em simular situações reais de processos em sistemas de BPM, o trabalho objetiva o estudo desse assunto e o desenvolvimento de um protótipo de simulação ligado a um sistema de gestão de processos de negócio, apresentando a forma de desenvolvimento e os resultados obtidos. Para tanto, entende-se que já existam trabalhos relacionados, tendo assim também uma análise sobre artigos científicos e *software* ligados à essa área.

PALAVRAS CHAVE: Gestão de Processos de Negócio, Sistema de Simulação

ABSTRACT

When people work for a company, either itself or by third parties, the goal is to generate profit. Business Process Management (BPM) helps the control and the quality of each sector in the companies, with the processes designed and defined in a clear way. Information technology, helping the business management, has a strong connection with the BPM when connected to the creation, testing and business process consistency. Integrated to the BPM Systems, the simulation generates significant impacts on the construction and optimization of processes, whereas in some cases it is not possible to measure the scope and all possible problems in processes to be created, or be infeasible stop existing processes to tests or make analyses. Having the focus on simulating real situations of processes in BPM Systems, the work aims the study of this subject and the development of a simulation prototype linked to a Business Process Management System (BPMS), showing the process of development and the results of it. It is understood that related works already exist, having also an analysis' work of scientific articles and software related to this area.

KEYWORDS: *Business Process Management, Simulation Software*

1 INTRODUÇÃO

Para o mercado competitivo, caso objetivam uma maior lucratividade, empresas precisam estar no controle de seus processos e atualizadas com tecnologias de apoio. A administração controlada de todos os setores e a capacidade de adaptação à mudanças são diferenciais para o sucesso.

A Gestão de Processos de Negócio é uma forma sistemática de representar qualquer processo de negócio de uma empresa de forma compreensível. Munidos de notações específicas de representação, consegue-se criar processos de negócio bem próximos do real, em *software* desse meio.

A simulação computacional é uma ótima ferramenta de auxílio para a tomada de decisão, sendo utilizada, por exemplo, para representar o contexto real em que um novo processo será integrado, prevendo problemas no seu desenvolvimento e também para representar modificações em processos que não podem parar a produção ou que não é viável a aplicação de “tentativa e erro”, provendo assim segurança e baixo custo.

A empresa Interact Solutions possui um suite de sistemas com vários aplicativos para a gestão empresarial, incluindo o módulo de BPM. Para esse módulo específico, tem-se como objetivo estudá-lo para que o protótipo de simulação de processos de negócio tenha-o como base, onde poder-se-á representar situações reais que os processos são envolvidos e, assim, auxiliar na previsão de resultados e do impacto dos processos em determinadas situações e circunstâncias, com informações mais seguras para a implementação real dos processos.

Para a compreensão do tema tratado, o trabalho aborda, dentre muitos sistemas de BPM, a análise descritiva de três deles, mostrando suas funcionalidades e facilidades na criação de processos, com ênfase em seus sistemas de simulação, tendo-os como base para o desenvolvimento do protótipo. Outra abordagem para a análise é a bibliometria, sendo o levantamento de artigos científicos relacionados ao assunto, em uma base de dados específica, analisando quantos, quais assuntos envolvidos e onde esse tema é mais abordado.

Todo o desenvolvimento do protótipo é detalhado, desde sua forma lógica de execução até os comportamentos em determinadas situações. Casos de uso são mostrados, abordando seu funcionamento e seus resultados, e testes comparativos com outros sistemas de simulação mostram as semelhanças e diferenças de resultados.

1.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal desse trabalho é o estudo, a especificação e a prototipação de um ambiente de simulação para um sistema de Gestão de Processos de Negócio.

1.2 Objetivos Específicos

- Estudo sobre Gestão de Processos de Negócio e simulação computacional.
- Desenvolver um protótipo de simulação para o Sistema de Gestão de Processos da empresa Interact Solutions, usando sua base de dados e a estrutura como referência.
- Utilizar um processo exemplo para testar e validar as funcionalidades do protótipo de forma individual e comparativa com outros sistemas de simulação.

1.3 Motivação

Em gestão de processos de negócio pode-se ter processos simples, onde uma análise visual do processo é suficiente para uma tomada de decisão, ou complexos, onde a tomada de decisão já não é mais viável com uma simples análise humana. Independente do tipo, o sistema de simulação é um diferencial que tem por objetivo criar cenários, simulá-los e analisá-los, auxiliando na tomada de decisão sem por em risco mudanças reais que tenham poucos fundamentos.

Conforme Santos (2013) a complexidade na tomada de decisão está aumentando, não apenas pela expansão das empresas, mas principalmente pela quantidade de dados e informações que elas precisam gerir. Ele salienta que, como as mudanças ocorrem rapidamente na área dos negócios, a capacidade de manipular ferramentas de apoio e processos automatizados fazem as organizações enfrentarem as mudanças de uma forma ágil, organizada e estratégica.

Otimizando regras e processos, busca-se a minimização das despesas e o aumento da lucratividade. Na tomada de decisão de como será feita a otimização, muitos custos precisam ser analisados, pois esse processo acarretará em mudanças processuais e/ou até mesmo estruturais (CAPOTE, 2011). A simulação computacional de processos serve exatamente para

amenizar este tipo de problema, podendo executar as mudanças de uma forma segura, não precisando parar a produção ou envolver altos custos sem uma certeza de resultados eficientes.

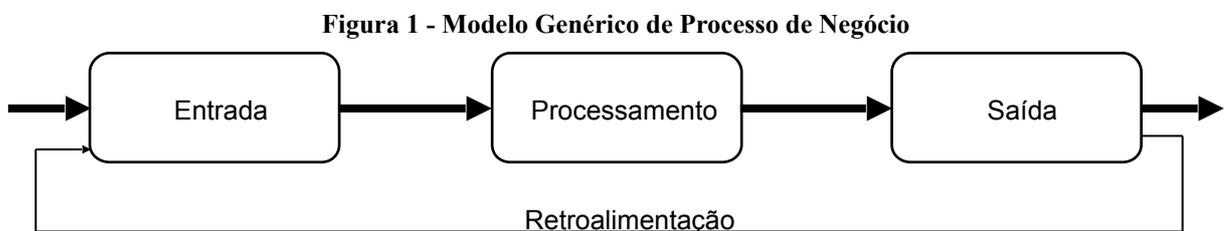
Objetivando a facilidade de gestão, esse trabalho é proposto para o desenvolvimento da qualidade de cada processo dentro de uma organização, visando o controle da empresa por parte dos gestores. Usando a tecnologia a favor do desenvolvimento da companhia, tem-se a chance de evolução nos negócios, com margens altas de certezas e a diminuição de retrabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial abrange a gestão de processos de negócio, os sistemas de gestão de processos, sua notação estrutural, simulações e um descritivo do sistema SAS-BPM da empresa Interact Solutions, onde, interligados, seguirão a lógica do trabalho, que visa o estudo para o desenvolvimento de um simulador de processos de negócios para o auxílio na tomada de decisão de gestores.

2.1 *Business Process Management* (BPM)

Processos de negócio, conforme Boeck (2011), referenciando Cruz (2008) e Baldam et. al.(2007), são atividades executadas em ordem sequencial transformando entradas em saídas, dentro de uma companhia ou organização. O autor também apresenta, conforme mostrado na figura 1, um modelo genérico de um processo de negócio, transformando entradas em saídas e tendo saídas, também, como retroalimentação.



Fonte: Boeck (2011)

Gestão de Processo de Negócio em uma organização refere-se à um método disciplinar que é utilizado para se ter controle de desempenho, indicadores, implementação de melhorias e atribuição de responsabilidades (NEWSINTERACT, 2015). Um dos principais benefícios de sua utilização é a descentralização do poder das atividades (as tarefas passam a não depender mais unicamente de uma pessoa), podendo assim a organização acompanhar e manter-se atualizada sobre cada etapa de cada processo da empresa (CRUZ, 2010).

Cruz (2010) define BPM como um conjunto metodológico e tecnológico que possibilita processos de negócio integrarem todos os envolvidos com a organização, direta ou

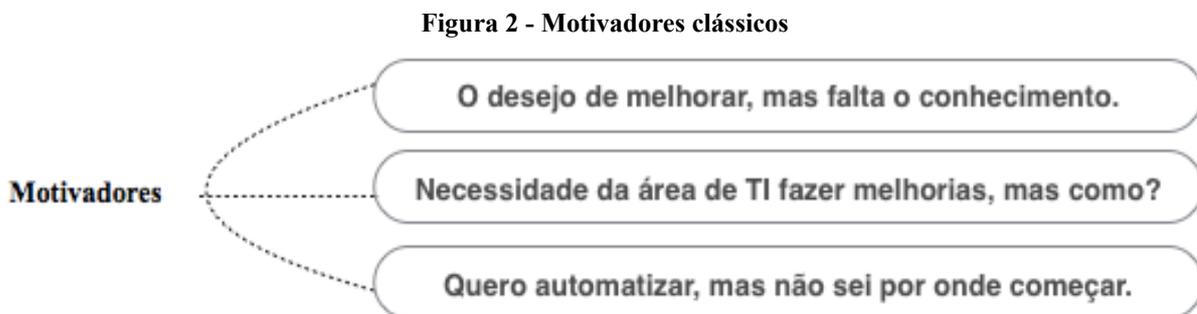
indiretamente, tendo assim uma visão total do ambiente operacional e da atuação de cada participante nos processos.

Capote (2011, pg. 52) tem a seguinte definição:

"BPM é uma abordagem disciplinar para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócio, automatizados ou não, para alcançar resultados consistentes e alinhados com os objetivos estratégicos da organização".

Independente da definição indicada, a ideia principal do BPM é a mesma, onde a empresa busca o controle e a lucratividade de sua organização. Com isso, Capote (2011, p. 90) referencia um trecho do código de ética dos associados à Associação de Profissionais de Gerenciamento de Processos de Negócio (ABPMP) Mundial que, em tradução livre, diz: "Se um projeto de gerenciamento de processos de negócio (BPM) não puder demonstrar que adicionará valor ao negócio, ele não deveria ser realizado."

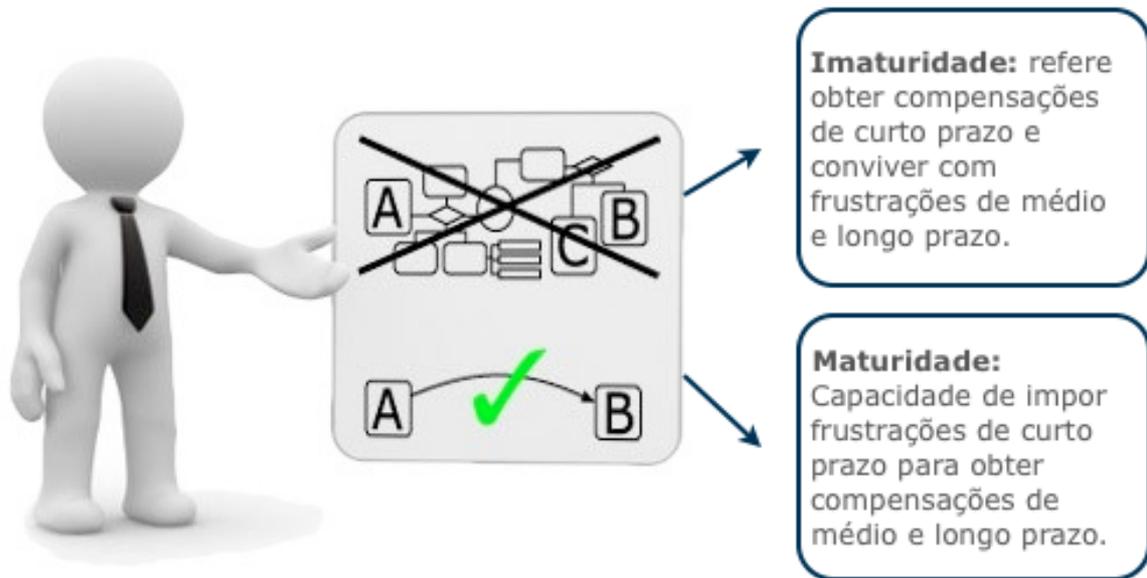
"Em geral, apenas 20% dos processos são estruturados e visíveis, e 80% estão 'encobertos' com a oportunidade de serem diferenciais de negócios." (NEWSINTERACT, 2015, p. 1). Conforme figura 2, Capote (2011) descreve os três motivadores clássicos que as organizações tem para que se inicie um processo de gestão de processos de negócios.



Fonte: Capote (2011)

Conforme Newsinteract (2015), a figura 3 representa, de forma figurada, o sentimento da implantação da gestão de processos de negócio na organização.

Figura 3 - Frustrações e compensações de curto, médio e longo prazo



Fonte: Newsinteract (2015)

Mas com quais motivações o gestor verá a implementação e utilização do BPM? Para exemplificar isso, a tabela 1 descreve alguns impactos evidenciados e comprovados pelo mercado, que o BPM gerará na organização (CAPOTE, 2011).

Tabela 1 - Impactos positivos do BPM no negócio

Impacto no Negócio
Entendimento e formalização dos processos corporativos
Visão da cadeia de valores e processos componentes
Agilidade na disponibilização de novos serviços e produtos
Reutilização de recursos tecnológicos
Gestão pró-ativa das tarefas e atividades
Expressiva redução de custos e tempo
Melhor uso dos recursos humanos
Quebra dos silos e feudos
Simulação e ensaio de melhorias

Fonte: adaptado de Capote (2011)

Conforme Boeck (2011) o ciclo de vida do BPM é iniciado no momento em que a empresa decide mapear seus processos para ter seu maior entendimento e controle. O ciclo inicia-se no planejamento e na estratégia, seguido pela análise de processos, onde tem-se a visualização do que está acontecendo em pontos da organização por meio de reuniões e documentações. Depois disso o desenho do processo é criado, com a utilização de notações específicas, analisando em um escopo gráfico como o processo se comporta durante o tempo. Então implementa-se o processo e, durante sua utilização, o monitoramento e o refinamento podem ser feitos. Com isso o ciclo chega ao fim, reiniciando o processo para mais planejamentos de melhorias, caso assim queiram. A figura 4 demonstra esses passos de uma forma intuitiva.

Figura 4 - Ciclo de vida de um processo



Fonte: Repositorio (2011)

Apesar de esse conceito ser voltado quase que totalmente para a área de negócios, um ponto forte, e quiçá o principal, diz respeito ao BPM como forma de vida, como mudança estrutural do cotidiano, mudança de comportamento, de pensamento, onde levamos o controle e a clareza de processos para funções da vida pessoal (CAPOTE, 2012). Moldando-se dessa forma, vê-se a possibilidade de um controle pessoal mais claro, refletindo também em resultados no ambiente corporativo, onde a pessoa está inserida.

2.2 Business Process Model and Notation (BPMN)

Notação e Modelo de Processos de Negócio (BPMN) são notações gráficas que representam as formas que os fluxos são descritas, sendo criado para que a sequência de processos e suas mensagens fluam de forma coordenada e legível entre todos os participantes e suas atividades (CAPOTE, 2011). Hoje o BPMN está na versão 2.0.

Uma das vantagens da notação é sua ampla utilização na maioria dos softwares de gerenciamento de processos. Além disso, conforme Omg (2003), existem dois objetivos principais quando se fala em notação de processos: a primeira dizendo que a notação deve ser facilmente compreensível para todos os usuários; e a segunda dizendo que deve-se garantir que toda essa linguagem de programação usada para criar o sistema seja expressada de forma visual com notações comuns, ou seja, simples e intuitivamente.

Para exemplificar como essas notações são, na figura 5 estão dispostos alguns elementos que são utilizados para o desenvolvimento dessa simulação de processos.

Figura 5 - Exemplos de elementos de notação

							
1 Normal	2 <i>Script</i>	3 Sub-processo	4 <i>Gateway</i> exclusivo	5 <i>Gateway</i> inclusivo	6 Raia	7 Fim	8 Fim terminal

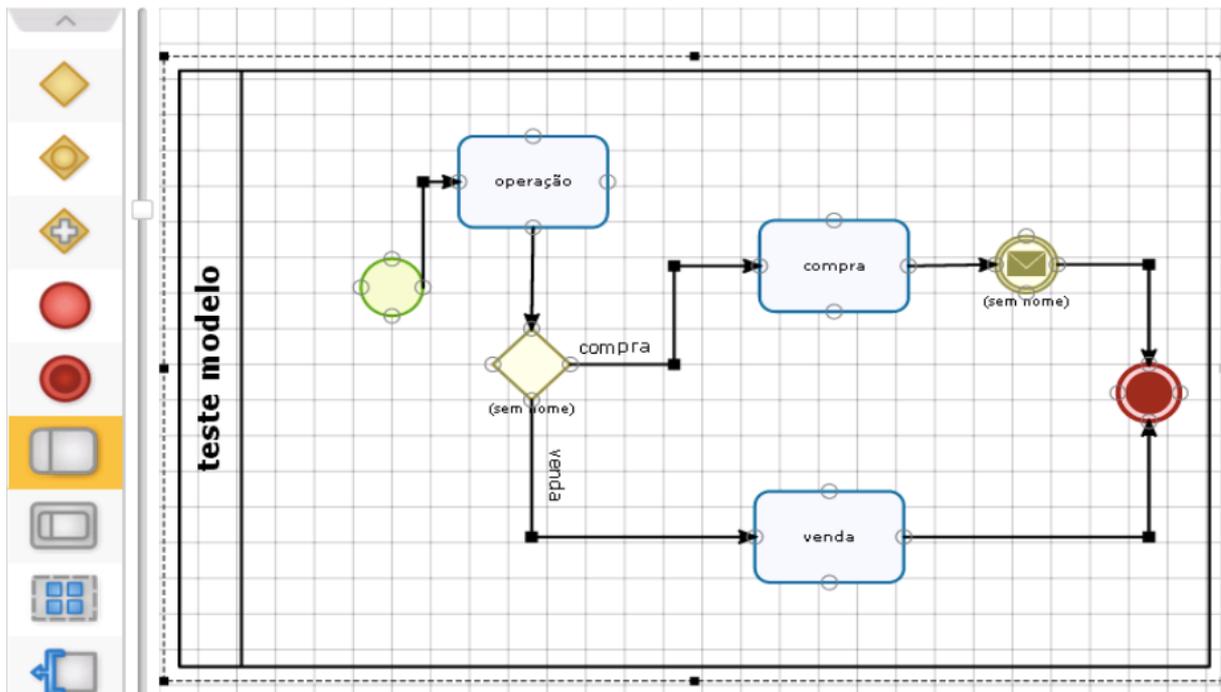
Fonte: adaptado de Interact (2015a)

Como descrição das funções de cada elemento mostrado na figura 5, temos:

1. **Normal:** atividade executada por um ser humano que deve ser concluída em um determinado período de tempo
2. **Script:** tarefa automatizada
3. **Sub-processo:** Conjunto de atividades dentro de um processo
4. **Gateway exclusivo:** são alternativas no meio do caminho, só uma alternativa é possível
5. **Gateway inclusivo:** divisão do fluxo em vários caminhos
6. **Raia:** faixas funcionais, representam papéis de um processo ou departamentos da empresa
7. **Fim:** o fluxo termina, mas a instância continua em andamento
8. **Fim terminal:** processo finalizado por completo

Utilizando elementos de notação, verifica-se sua utilização conforme figura 6.

Figura 6 - Exemplo de uma simulação com as notações

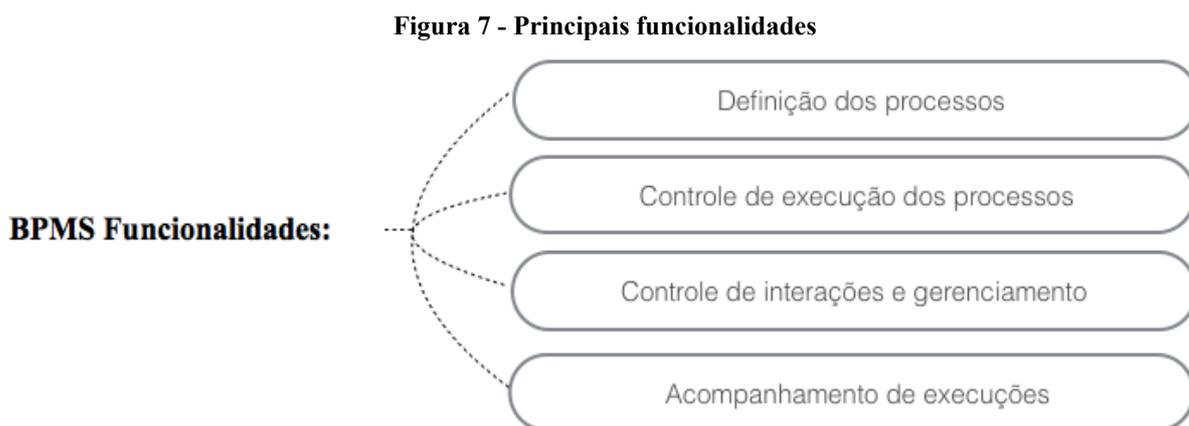


Fonte: adaptado de Interact (2015a)

2.3 Business Process Management System (BPMS)

O BPMS é uma ferramenta para apoiar a gestão de processos de negócios, sendo a integração de vários componentes em um mesmo ambiente, abrangendo desde a definição e modelagem inicial, execução, monitoramento, análise até a otimização e simulação de processos, controlando assim boa parte do ciclo de vida do BPM (CAPOTE, 2011) e (CAPOTE, 2012).

Além da integração e automatização das atividades, tem-se por objetivo gerir e administrar detalhadamente os resultados de uma forma clara e intuitiva, tendo em vista que a solução deve apoiar todas as fases de ciclo de vida dos processos (CAPOTE, 2011). Na figura 7 vê-se as principais funcionalidades que o BPMS deve possuir.

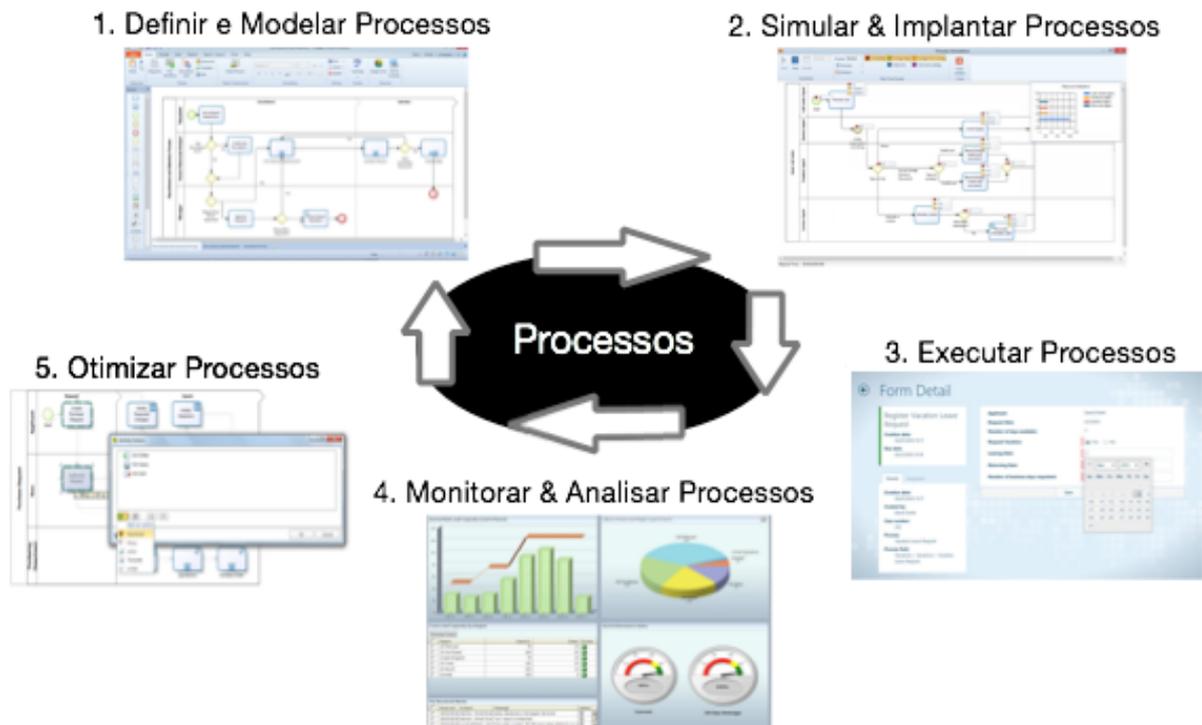


Fonte: Capote (2011)

Utilizando ferramentas desse gênero procura-se uma transparência da empresa, onde se tenha um acompanhamento dos trabalhos, da estruturação, rastreabilidade de processos em tempo real, e tudo mais para a geração de lucros e minimização de gastos da organização. Da forma que a concorrência enfrenta a competitividade, todo esse conhecimento, a rápida mudança e a adaptação são fundamentais para manter-se no controle dos seus negócios e disputando o topo do mercado (CAPOTE, 2012).

Para uma visão geral do que consiste o ciclo de vida dos processos, dentro de um BPMS, pode-se usar como exemplo a figura 8.

Figura 8 - Ciclo de vida BPM com BPMS



Fonte: adaptado de CAPOTE (2011)

Conforme Schwinger (2015), uma grande vantagem na utilização de um BPMS é automatizar processos em que a interação humana agrega pouco valor à realização da tarefa, otimizando o tempo tanto na execução do processo quanto na atuação de cada pessoa em responsabilidades mais importantes. Ele também destaca a melhora do processo de transferência de uma atividade entre os participantes, que por vezes é necessário o deslocamento físico para que o processo siga seu fluxo, onde cada integrante precisa ter pelo menos uma noção básica do processo envolvido. Com o BPMS isso é feito automaticamente, delegando as atividades e fazendo o tráfego eletrônico de documentos de forma imediata.

Os BPMS ainda tem carências quanto ao estudo de diferentes cenários possíveis para os processos a serem implementados (CRUZ, 2010). Neste contexto, faz-se valer o estudo e o interesse pela incorporação e aperfeiçoamento de ambientes de simulação em ambientes BPMS. A seguir, conceitos de simulação são apresentados.

2.4 Simulação

A simulação, no contexto deste trabalho, é explicada por Chwif (2010), é a representação computacional de sistemas reais, onde suas complexidades, por existirem variáveis de naturezas dinâmicas e aleatórias, são representadas da forma mais consistente e o mais perto da real possível, preservando características e comportamentos.

A simulação é a importação de processos reais em um ambiente controlado, possibilitando testes sob diversas condições, sem altos custos ou riscos físicos e sem precisar modificar ou parar a empresa (COSTA, 2011).

Filho (2001) mostra que simulações são utilizadas como uma medida inicial na resolução de problemas, e não mais sendo somente a última saída depois que o resto já foi tentado. Ele também explica que a crescente utilização provem da evolução dos sistemas computacionais, tornando a utilização fácil, intuitiva e com resultados significativos.

Conforme Chwif (2010), os modelos de simulações são formas de se obter respostas do tipo “*o que ocorre se...*” conforme alguns exemplos a seguir:

- *O que ocorre se* aumentarmos o número de funcionários?
- *O que ocorre se* acrescentássemos um computador?
- *O que ocorre se* diminuirmos a quantidade de esteiras e aproximarmos as máquinas?

Com isso tem-se a noção de quão complexo, e também quão produtivo, um simulador pode ser.

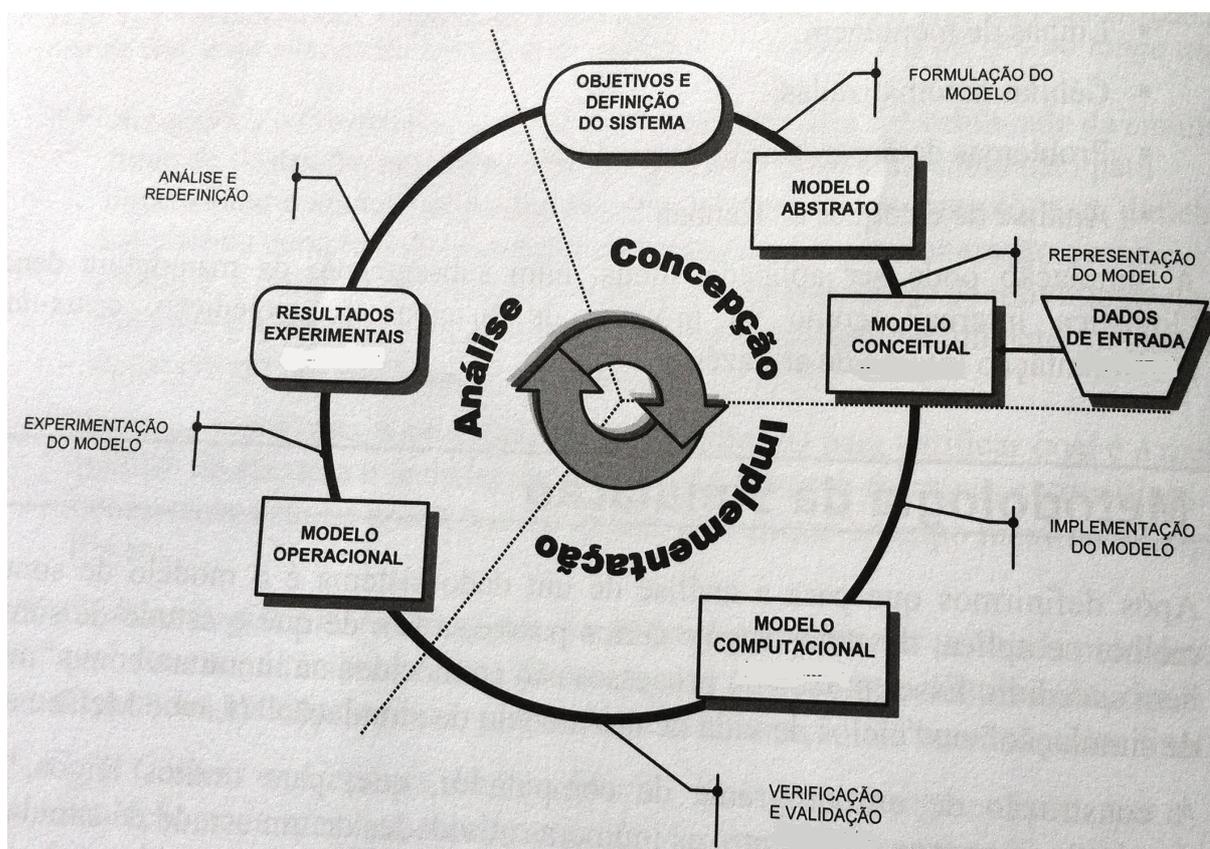
A metodologia da simulação tem três passos de ciclo de vida. Esses passos, conforme Chwif (2010), são mostrados na figura 9 e exemplificados a seguir:

- **Concepção do modelo:** o gestor deve ter claramente os objetivos traçados, desde o escopo até as hipóteses e os níveis de detalhamento. Seguindo a expressão GIGO (*garbage in, garbage out*, em livre tradução, "se lixo entra, lixo sai"), os dados são coletados nessa fase e sua consistência acarretará nos resultados da simulação. Ao final desse processo, gera-se o modelo conceitual da simulação.
- **Implementação do modelo:** nesta fase, o modelo conceitual é convertido pra um modelo computacional.

- **Análise dos resultados do modelo:** o modelo pode ser utilizado e rodado quantas vezes for necessário para uma análise detalhada.

Essa metodologia de simulação reinicia as etapas no momento que se deseja fazer uma otimização em cima do mesmo processo, sendo a estruturação revisada, para que se chegue ao mais perto do padrão ótimo.

Figura 9 - Metodologia de Simulação

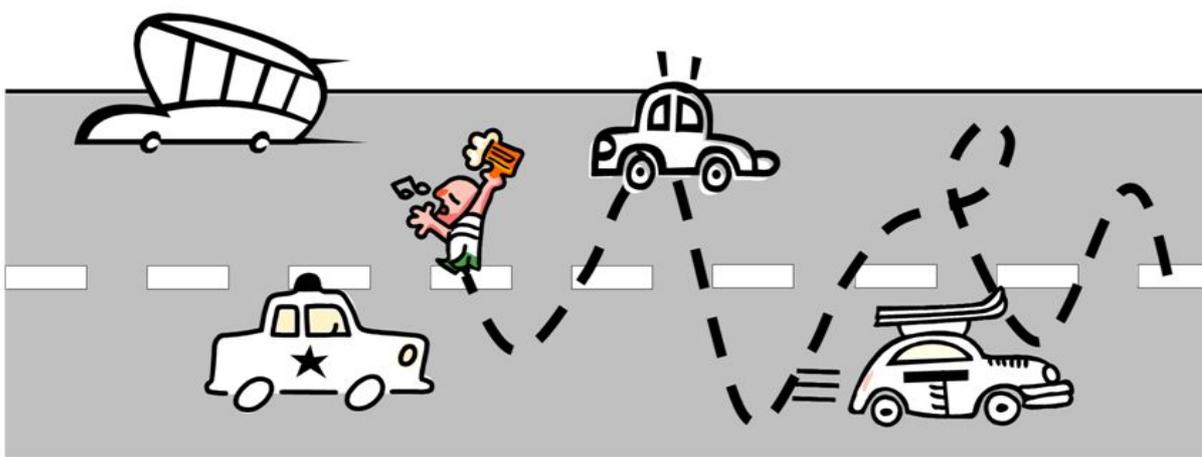


Fonte: Chwif (2010)

Além da coleta dos dados, uma preocupação a ser tomada é referente à análise desses dados. Sabendo que se tem variáveis de natureza dinâmica e aleatória, uma má interpretação pode resultar em respostas equivocadas, comprometendo todo o processo. Para exemplificar isso, Chwif (2010) apresenta um exemplo simples e claro, conforme figura 10, onde utilizou-se a média dos valores para gerar um resultado.

A figura 10 mostra um bêbado andando em uma rodovia que, conforme sua posição, ele está sobre o meio fio e vivo. Qual seria a análise nessa circunstância, considerando o seu percurso? Pela sua posição “média”, o bêbado está vivo, mas na “média” o bêbado está morto.

Figura 10 - Formas de análise de circunstâncias



Fonte: Chwif (2010)

2.5 Interact Solutions

É uma empresa brasileira, com sede em Lajeado, Rio Grande do Sul - Brasil, tendo como missão, entre outras coisas, pesquisar, desenvolver e entregar soluções com qualidade para empresas que buscam excelência em gestão. Atualmente ocupa reconhecida posição de liderança no país em pesquisa e desenvolvimento de sistemas para gestão corporativa. Sua visão, até 2018, é "ser referência internacional em soluções tecnológicas para a inteligência corporativa" (INTERACT, 2015b, p. 1).

Para o padrão alto de serviço, conforme Interact (2015b), a empresa procura a qualidade em todo o desenvolvimento das soluções, tendo as aplicações desenvolvidas para *Web* e *Desktop*, utilização de programação orientada a objetos, possuindo compatibilidade com Windows, Mac OS e Linux (Unix), tendo suporte a múltiplos bancos de dados, usando metodologias de desenvolvimento ágeis (SCRUM), entre outros.

2.5.1 Suite *Strategic Adviser* (SUITE SA)

Essa é a principal plataforma desenvolvida pela empresa, que integra soluções avançadas para a gestão da estratégia, gestão da qualidade e processos, gestão de competências, gestão de riscos, gestão de projetos e gestão de clientes (INTERACT, 2015a).

O Suite procura facilitar e auxiliar a gestão da estratégia e inteligência nas empresas, tendo todas as aplicações integradas entre si. As ferramentas são apresentadas em blocos divididos nos tipo de gestão, conforme Interact (2015a) ilustra na figura 11.

Figura 11 - Suite Strategic Adviser



Fonte: Interact (2015a)

2.5.2 *Strategic Adviser - Business Process Management* (SA - BPM)

Como o presente trabalho é focado exclusivamente em simulação de gestor de processos de negócios, nada mais apropriado que focar apenas na ferramenta em questão, disponibilizada pela empresa em que o simulador será implementado.

Figura 12 - Slogan da ferramenta SA - BPM



Fonte: Interact (2015a)

Tendo em vista todos os tópicos tratados nesse trabalho sobre BPM, essa plataforma específica é estudada, testada e monitorada para que se possa entender a melhor forma de implementação de novas funcionalidades, criando assim ideias para o protótipo de simulação.

Newsinteract (2015) explica que, de forma integrada, o SA-BPM permite mapear, otimizar e acompanhar os processos da empresa, trazendo informações imprescindíveis às decisões dos gestores, independente do segmento de atuação. Ele também destaca a fácil interpretação do sistema, de forma intuitiva, tendo como objetivos da implementação, por exemplo, a motivação dos profissionais, o controle de tempo de execução de processos, controle de uso de recursos, entre outros.

Conforme Schwingel (2015b, p. 1), "o SA-BPM permite obter uma enorme quantidade e variedade de indicadores extremamente úteis para a gestão", mostrando, por exemplo, o tempo que o processo está levando, se parou, por quanto tempo parou e porque parou. Todas as informações referente aos processos (participantes, dados inseridos, resultados, etc) são armazenadas, tendo assim tanto um histórico de cada processo e atividade quanto o seu estado atual. Ela também destaca que relatórios podem ser extraídos, tendo uma forte base para a melhoria contínua dos processos envolvidos, ligando o controle de qualidade à indicadores.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

A análise de trabalhos relacionados é feita sobre três diferentes sistemas, tendo motivos específicos para a escolha de cada um. O primeiro é o Bizagi, escolhido por sua utilização em abrangência mundial e reconhecido padrão de qualidade, tendo também uma ótima base de treinamento e especificação de funcionalidades, auxiliando no estudo.

O Segundo é o ARENA, que, apesar de não ser um BPM em si, é uma ferramenta consistente de simulação de processos, onde sua utilização é ampla e bastante estudada.

O terceiro sistema é o SoftExpert, que é uma ferramenta completa de auxílio de gestão, com vários módulos, parecido com o SA da Interact Solutions, podendo assim comparar as principais funcionalidades de um dos concorrentes mais diretos que a Interact Solutions tem no Brasil.

Conforme será analisado nos tópicos a seguir, nota-se uma similaridade grande entre os três sistemas e o SA da Interact Solution, não tendo muita distinção quanto à metodologia adotada, tendo uma singularidade maior na parte visual, na forma de definir a criação da modelagem de processos e sua simulação.

3.1 Bizagi

É um gestor que permite a visualização, controle e otimização em tempo de execução dos processos de negócios. O sistema é dividido em três partes, o Bizagi *Modeler*, Bizagi *Studio* e o Bizagi *Engine*. Conforme Bizagi (2014c) primeiro faz-se o design, o mapeamento dos processos, no Bizagi *Modeler*, podendo visualizar, documentar e simular processos de negócios. Em seguida utiliza-se o Bizagi *Studio* para a automação dos processos criados, construindo o aplicativo automaticamente. Então usa-se o Bizagi *Engine* para fazer a aplicação rodar, com componentes, regras, integrações e tudo mais que foi especificado.

O pacote Bizagi possui uma integração com outros sistemas, tanto de banco de dados como ERPs (*Enterprise Resource Planing*). Processos podem ser armazenados e reutilizados entre as equipes em diferentes lugares. Possui dinamicidade, onde modificações podem ser feitas e logo serem aplicadas, facilitando a otimização e o controle da empresa (RIGOTTI, 2013).

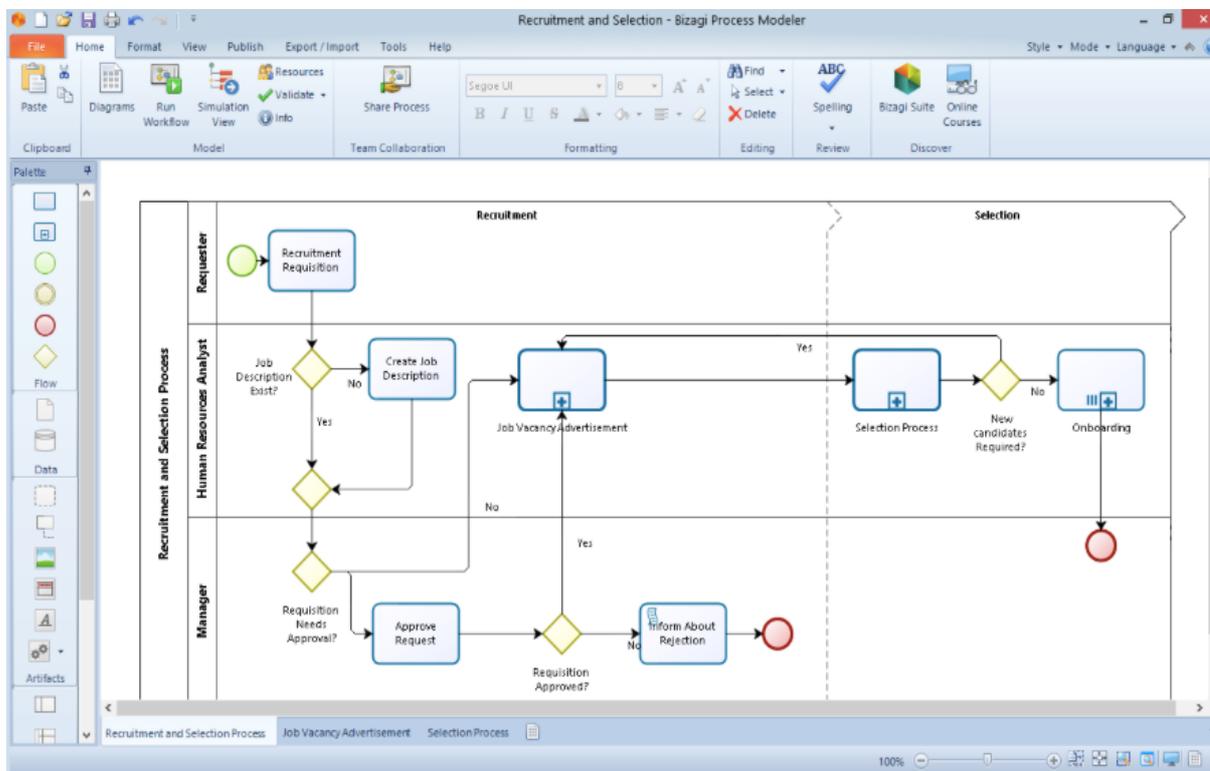
Bizagi *Modeler* e Bizagi *Studio* não tem custos e estão disponíveis para download. Apenas para utilizar o Bizagi *Engine* deve-se comprar uma licença. Nem uma versão possui código aberto (BIZAGI, 2014b).

3.1.1 Bizagi *Modeler*

Como o presente trabalho objetiva a criação de um simulador para BPM, será dado ênfase ao Bizagi *Modeler*, que possui a aplicação de simulação.

Sendo a criação do processos a primeira etapa, o objetivo principal é deixar os diagramas bem definidos. Para isso, o sistema possui suporte ao padrão internacional BPMN 2.0 (*Business Process Model and Notation*), que dá a estrutura ideal para expressões claras e completas (BIZAGI, 2014d). Tem-se como exemplo a figura 14.

Figura 14 - Bizagi *Modeler*.



Fonte: Bizagi (2014d)

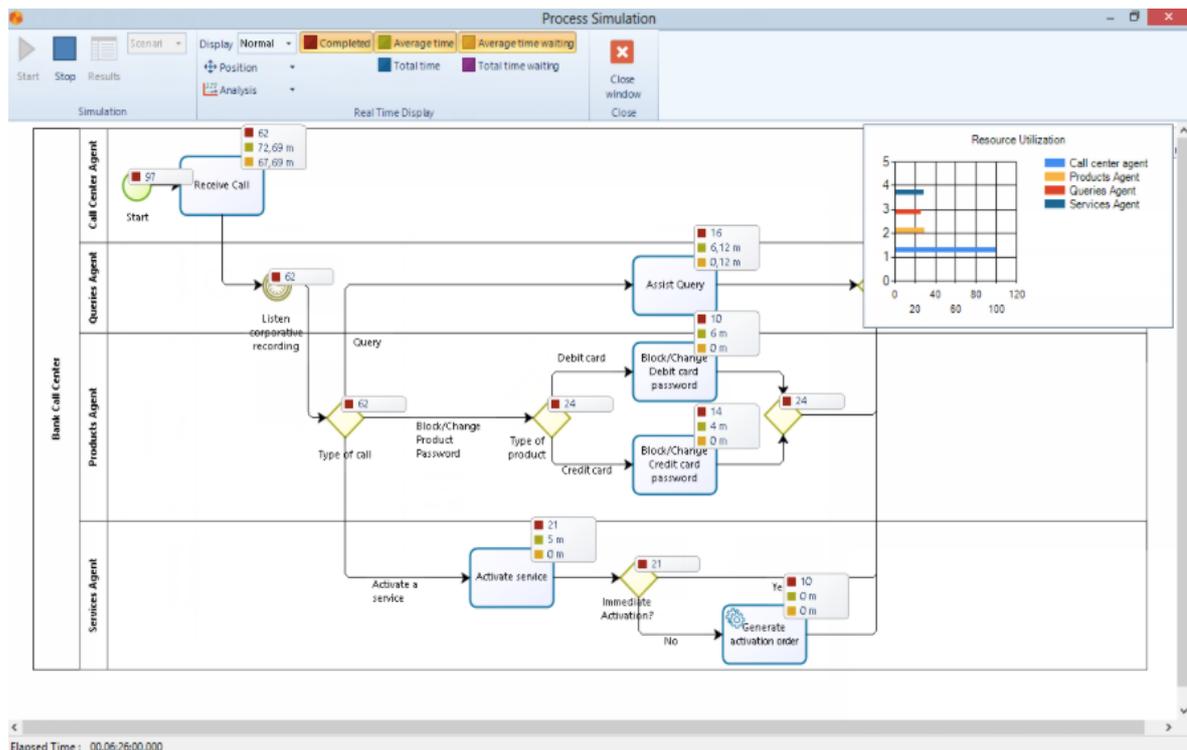
3.1.2 Simulação no Bizagi Modeler

O sistema possui uma forma fácil e clara de simulação. Utilizando informações dos elementos tempo, recursos e custo, o simulador mostra, de forma animada, um *feedback* em tempo de execução e também uma análise resumida dos resultados finais (BIZAGI, 2014c). Os três elementos de simulação descrevem os pontos mais importantes de um processo no bizagi para uma análise real.

O simulador permite também fazer a comparação entre cenários (função *what-if*), que seria a replicação do processo principal, com diferentes valores de entrada, utilizado para analisar o impacto de mudanças nos recursos, comparando os modelos e observando possíveis melhorias sem por a operação real em risco (BIZAGI, 2014c). Lembrando que, para uma simulação o mais perto da real, precisa-se ter todos os processos iniciais de modelagem bem definidos, sendo essa uma ferramenta apenas de apoio.

O Bizagi Simulation segue o padrão BPSim (*Business Process Simulation*), permitindo um rigoroso suporte dos modelos BPMN da aplicação, que define como é a parametrização dos dados e a estrutura dos processos (BIZAGI, 2015a) e (BIZAGI, 2015c).

Figura 15 - Simulador



Fonte: Bizagi (2015d)

Conforme Bizagi (2015d), o Bizagi *Modeler* oferece quatro níveis para a especificação da simulação. Mesmo não sendo um usuário expert em simulação, a forma intuitiva faz a configuração ser fácil:

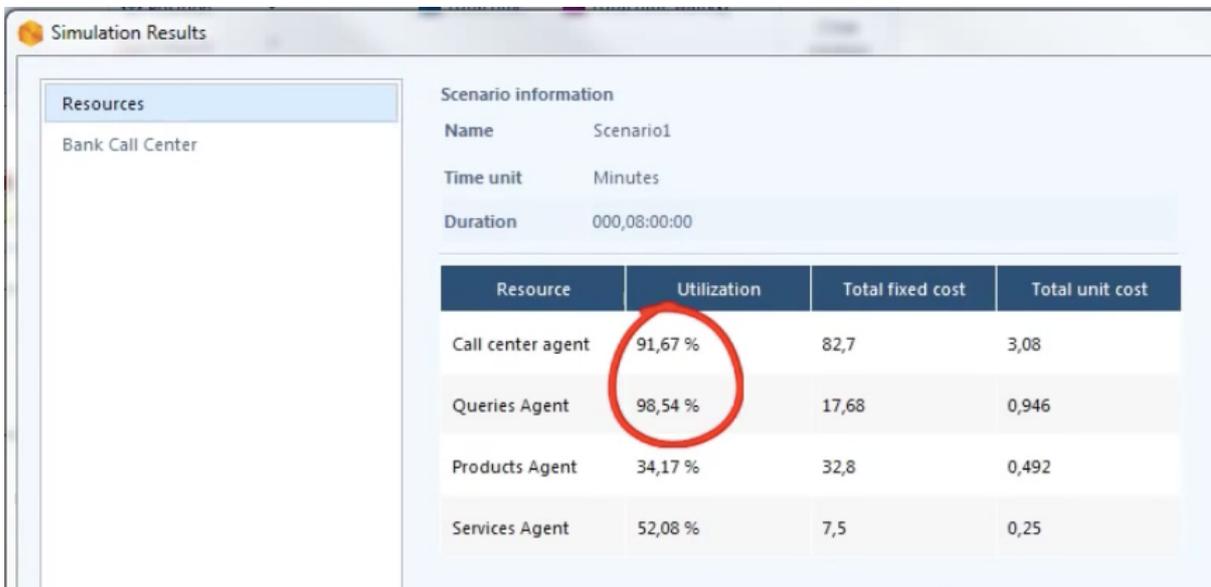
- **Nível 1 - validação do processo:** certifica-se que o processo passa por todo o fluxo de sequência e se comporta como o esperado. Se está realmente parecido com o cenário real. Uma simulação simples, sem considerar tempo, recursos e custo.
- **Nível 2 - análise de tempo:** inclui-se a duração de cada atividade do processo e a frequência que as chamadas chegam em cada atividade. O sistema mostra tudo em tempo real por onde os processos estão passando, quantos estão executando e quantos já terminaram. Até agora fez-se apenas a inclusão de tempo e quantidades. A partir do nível 3 se gerará mais realísticos eventos.
- **Nível 3 - Análise de recursos:** especifica os recursos disponíveis e os requisitos para o funcionamento de cada um. O que será usado, quantas pessoas, equipamentos e tudo mais. Isso afetará a performance, pois agora existem limitações mínimas e máximas de tempo e capacidades. No gráfico em tempo real, agora é mostrado a utilização dos recursos.
- **Nível 4 - Análise do calendário:** além da especificação de recursos, agora se adiciona os períodos de operação, de desligamento, de intervalo, feriados, folgas e tudo que for relevante que afetam a performance do processo.

Com esses quatro passos definidos, os processos devem ficar bem próximos da realidade, mostrando relatórios e gráficos que apontam a qualidade disso. Com essa análise pode-se então utilizar a análise “*what if*” para identificar a utilização dos recursos no processo, com a intenção de avaliar e mensurar o impacto de modificações. Cria-se, para isso, um novo cenário, modificando o que for necessário e então, em seguida, executando o “*what if*”, que comparará os dois cenários e mostrará qual a diferença de performance, analisando assim o impacto de modificações.

Nas figuras 16 e 17, tem-se os resultados das saídas das simulações da função “*what if*”, onde representa-se as diferenças entre os dois cenários, mostrando, na figura 16, os

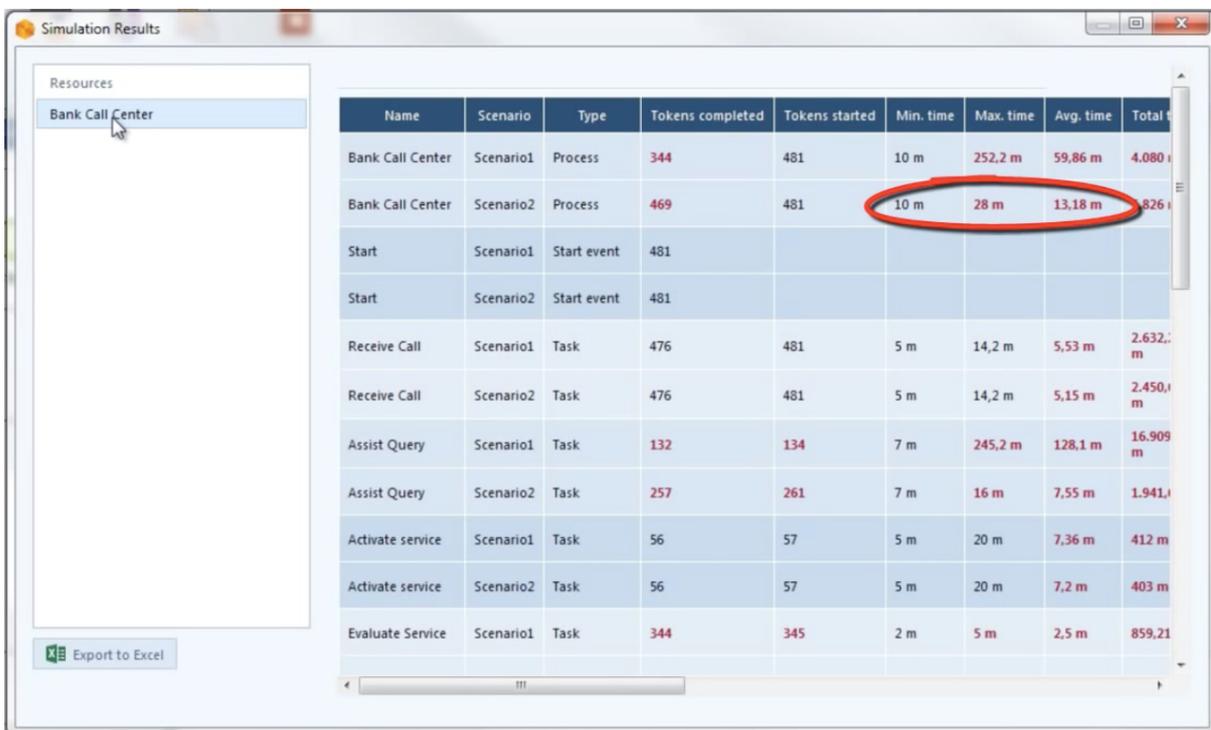
recursos utilizados e seus valores em "custo total fixo" e "custo total por unidade" e, na figura 17, os tempos dos recursos do processo.

Figura 16 - custos dos recursos



Fonte: Bizagi (2015e)

Figura 17 - tempos dos recursos



Fonte: Bizagi (2015e)

Uma forma fácil e rápida de melhorar a performance de processos.

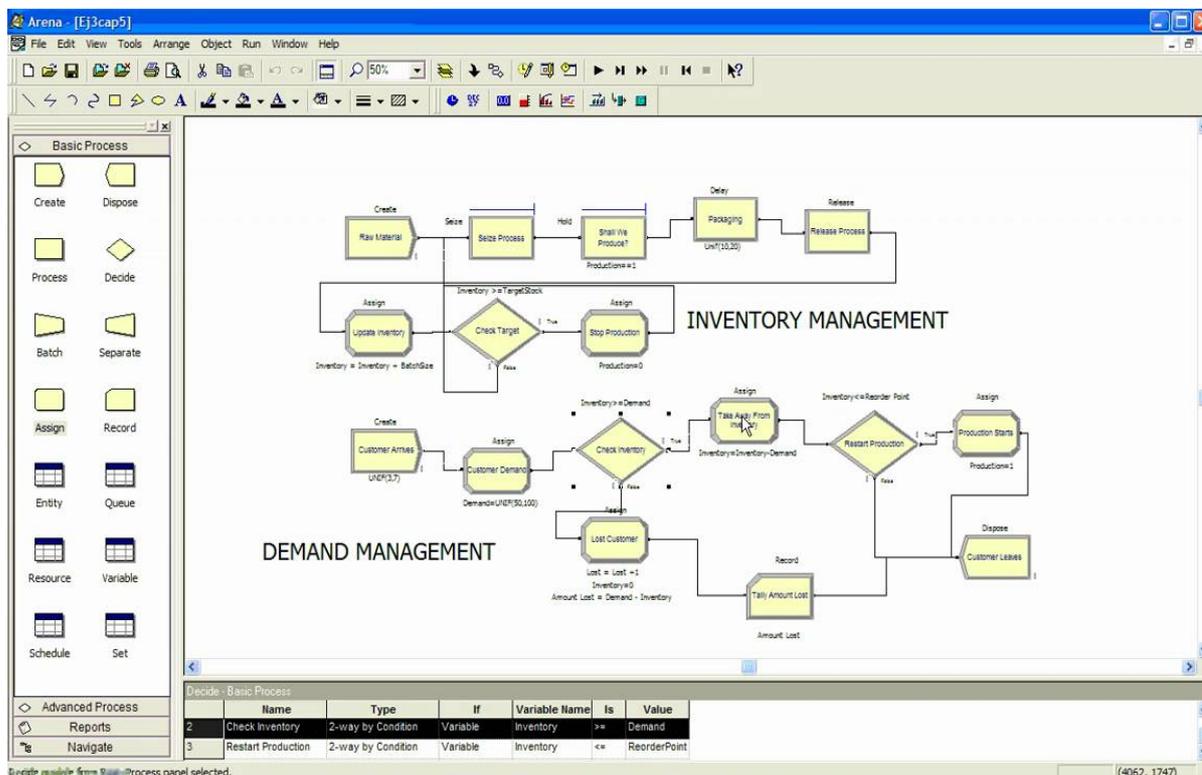
3.1.3 Considerações sobre Bizagi

Sua simulação é de fácil entendimento. Possui clareza nos processos e um bom funcionamento. Seguindo os passos definidos, que são apresentados de forma auto-explicativa, consegue-se simular claramente para obter-se os resultados. É uma ferramenta poderosa que tem a simplicidade para uma boa modelagem. É uma boa base para o desenvolvimento desse trabalho.

3.2 Arena

Apesar de esse sistema não ser um gestor de processos de negócio (BPM) em si, por sua abrangência ser um pouco limitada quanto à representação de qualquer tipo de processo de negócio, ele é um ótimo ambiente gráfico integrado de modelagem e simulação. Por isso, seguindo os princípios desse trabalho que é o desenvolvimento de um simulador de processos, esse sistema foi analisado e tido, também, como base para o desenvolvimento.

Figura 18 - Exemplo de modelagem no ARENA.



Fonte: Rockwell (2005)

O sistema foi desenvolvido para analisar o impacto de mudanças nas diferentes áreas de uma companhia, como por exemplo na logística, distribuição, processo, manufatura e outros, trazendo o poder da modelagem e simulação ao negócio (ARENA, 2005).

Conforma Arena (2007), seguindo o padrão de simuladores atuais, com esse sistema o desenvolvimento do processo é gráfico e visual, de maneira integrada. Possui análise estatística e por relatórios, podendo simular inúmeros processos de diferentes áreas. Para entrada de dados, utiliza-se normalmente valores de tempo, distância e recursos disponíveis.

A representação dos modelos é por estações de trabalho, que tem a tarefa de prestar serviço à clientes e/ou entidades que estão se movendo no sistema. Exemplificando, as entidades podem ser pessoas passando em um corredor (estação) de um supermercado, ou um automóvel sendo a entidade, que está sendo construído na linha de montagem (diversas estações) em uma fábrica (MARCONE, 2012).

Ao anexar dados sobre a simulação, este utiliza distribuições estatísticas que foram geradas sobre parâmetros e análises de situações reais (ARENA, 2007).

Algumas funcionalidades do sistema incluem a compatibilidade com o pacote *Office* da Microsoft, extensões de figuras para usar na representação animada dos modelos e um assistente para ajudar na criação dos modelos (MIRANDA, 2006).

O sistema é composto por vários aplicativos que, apesar de o sistema não ser de fácil manuseio, proporcionam uma simulação abrangente e visualmente legível. Segundo ARENA (2007) esses sistemas são divididos da seguinte forma:

- **ARENA *Standard***: simulador genérico onde possibilita a utilização de vários templates, não permitindo, apenas, a criação de novos.
- **ARENA *Professional***: segue a mesma linha do Standard, mas permite a criação de objetos que podem ser integrados à templates.
- **ARENA *Contact Center***: simulador específico para centrais de atendimento.
- **ARENA *Factory Analyser***: simula a manufatura.
- **ARENA *Packaging***: Serve para simulações que tem grande quantidade de elementos, como engarrafadoras e empacotadores.
- **ARENA *Realtime***: Pode se comunicar com sensores e controladores em tempo real, para simular e monitorar o sistema.

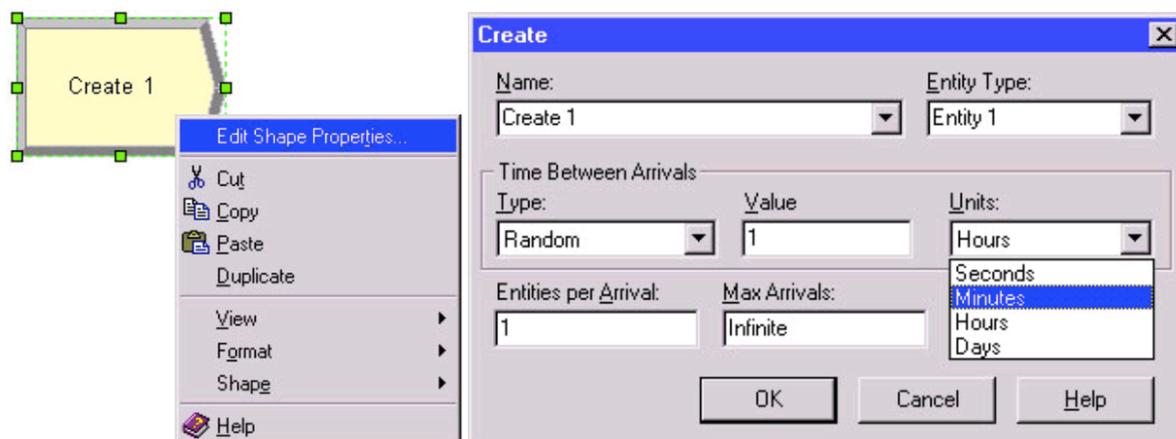
Conforme Miranda (2006), independente da versão, o ARENA possui ferramentas úteis, tais como:

- **Input Analyser:** pode-se usar dados reais de entrada e escolher a melhor distribuição estatística nos modelos.
- **Output Analyser:** ferramenta com vários recursos que analisa dados coletados durante a simulação.
- **ARENA Viewer:** pode-se rodar modelos criados no ARENA em outros computadores que tiverem o ARENA Viewer instalado, sem necessidade de chave de proteção.
- **Scenario manager:** pode-se executar mais de uma simulação e fazer a comparação de resultados.

3.2.1 Simulação no Arena

A simulação é configurada de forma bem simples. Existem vários parâmetros, alguns exibidos nas figuras 19 e 20, onde adiciona-se no processo, por exemplo, o tempo entre chegada, a unidade de tempo, a quantidade de chegadas, toda a parametrização dos recursos, entre eles o tipo de recurso, sua capacidade, custos por hora entre outros.

Figura 19 - Propriedades do campo.



Fonte: Rockwell (2005)

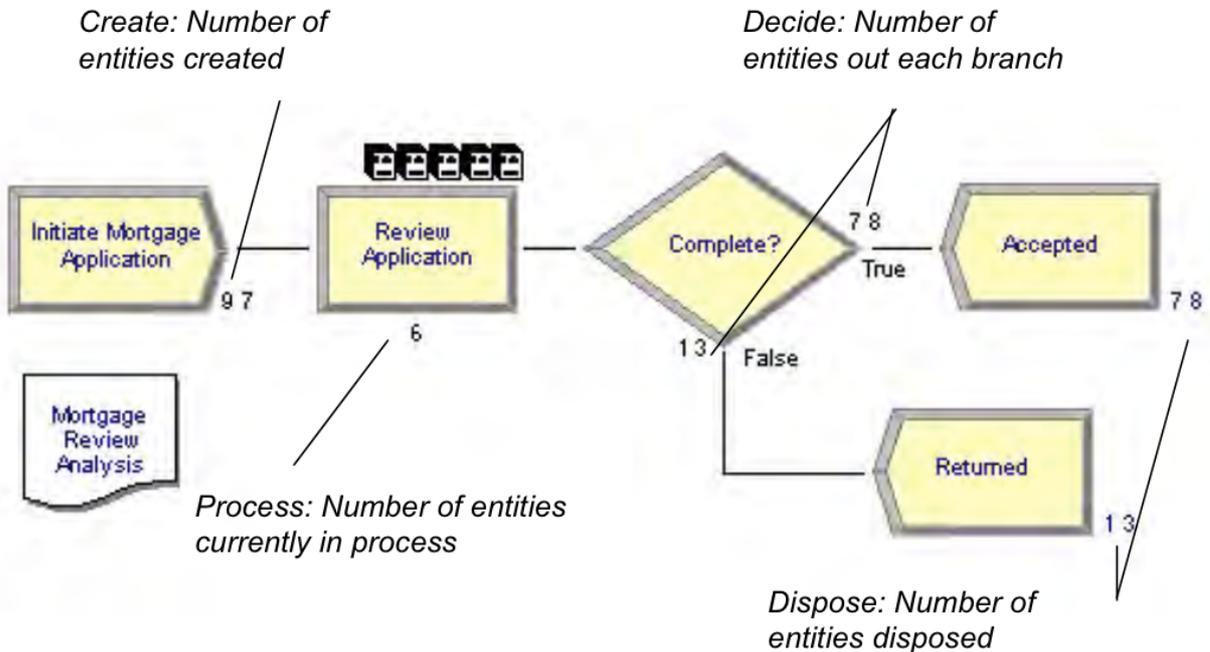
Figura 20 - Configuração de parâmetros de um recurso



Fonte: Rockwell (2005)

A figura 21 exibe a simulação funcionando, onde os pequenos caixotes pretos representam os processos sendo executados. Onde é exibido mais de um caixote sobre um processo, indica fila para a execução.

Figura 21 - Exemplo de simulação no ARENA



Fonte: Rockwell (2005)

3.2.2 Considerações sobre Arena

Apesar da parte gráfica não ter evoluído ao nível dos sistemas SA da Interact Solutions e o Bizagi, a representação é muito boa. A consistência da integração e suas opções são o suficiente para muitos tipos de processos.

É um sistema leve e a simulação apresenta boa representação do que está acontecendo. A forma de visualização da execução da simulação é interessante. Consegue-se identificar rapidamente onde estão os gargalos do processo. Essa forma de visualização, quando o objetivo é de identificar falhas, é melhor do que o mostrado pelo bizagi, onde visualiza-se só números. Claro que, além da gráfica, relatórios com a representação de todos os dados da simulação também são apresentados.

3.3 SoftExpert

Conforme Softexpert (2015), a empresa é líder de mercado no fornecimento de sistemas e serviços de gestão para otimizar processos de negócios. Ela foi fundada em 1995, tendo atualmente mais de 2 mil empresas ao redor do mundo que utilizam seu software (SOFTEXPERT, 2015).

A SoftExpert ajuda as organizações a automatizar os processos de gestão de documentos e registros, processos de negócios, indicadores de desempenho estratégico e operacional, projetos e demandas, portfólios, riscos, [...], inteligência nos negócios e muitos outros desafios de cada setor (GESTAOSF, 2015, p. 1).

O sistema é todo Web, estando inserido em diferentes ramos de negócio, como o de bens de consumo, automotivo, alimentos e bebidas, metalurgia, tecnologia, entre vários outros. Ele também descreve a abrangente gama de soluções que integram o suite da SoftExpert, conforme figura 22 (GESTAOSF 2015).

Figura 22 - Soluções oferecidas pela SoftExpert



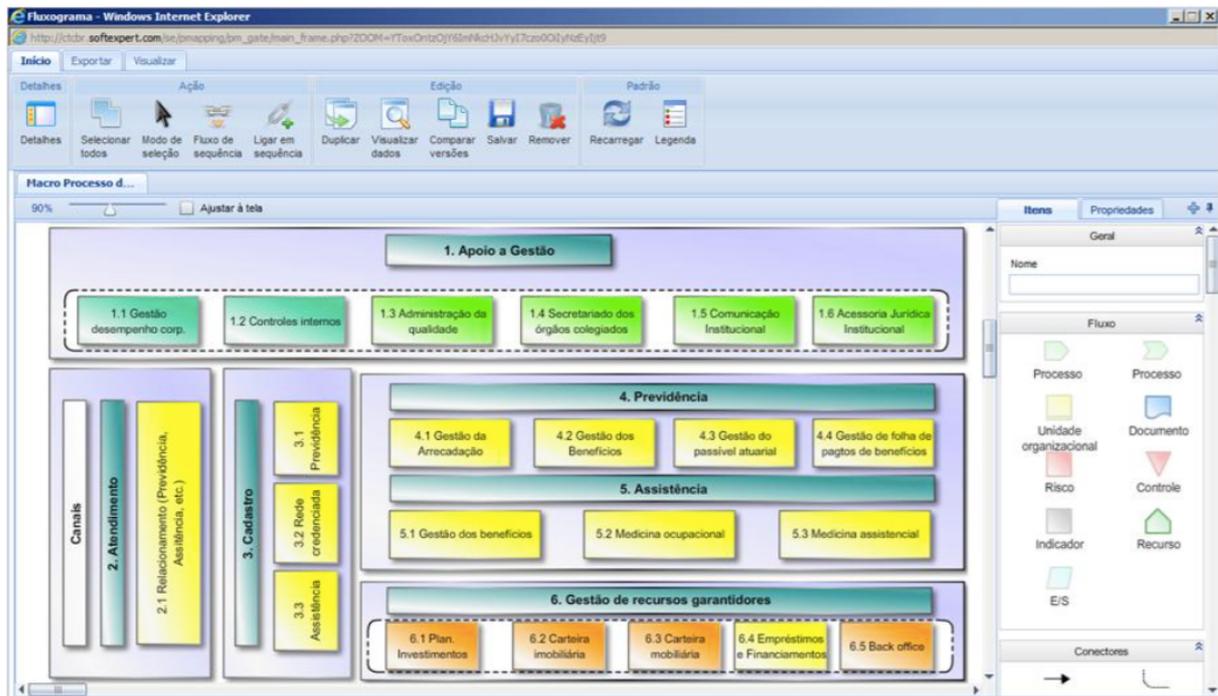
Fonte: Gestaosf (2015)

Da mesma forma que nas outras análises de sistemas, será dado foco ao funcionamento da solução em Gestão de Processos de Negócio.

3.3.1 SoftExpert BPM

Conforme Bpmsf (2015), o gestor de processos de negócio é baseada no padrão BPMN, tendo eventos, atividades, tarefas, decisões, raias e tudo mais qu“ a notação pode oferecer. O sistema tem integração com sistemas de informação, como ERP, CRM, banco de dados externos, entre outros (SOFTEXPERT, 2015).

Figura 23 - Modelagem

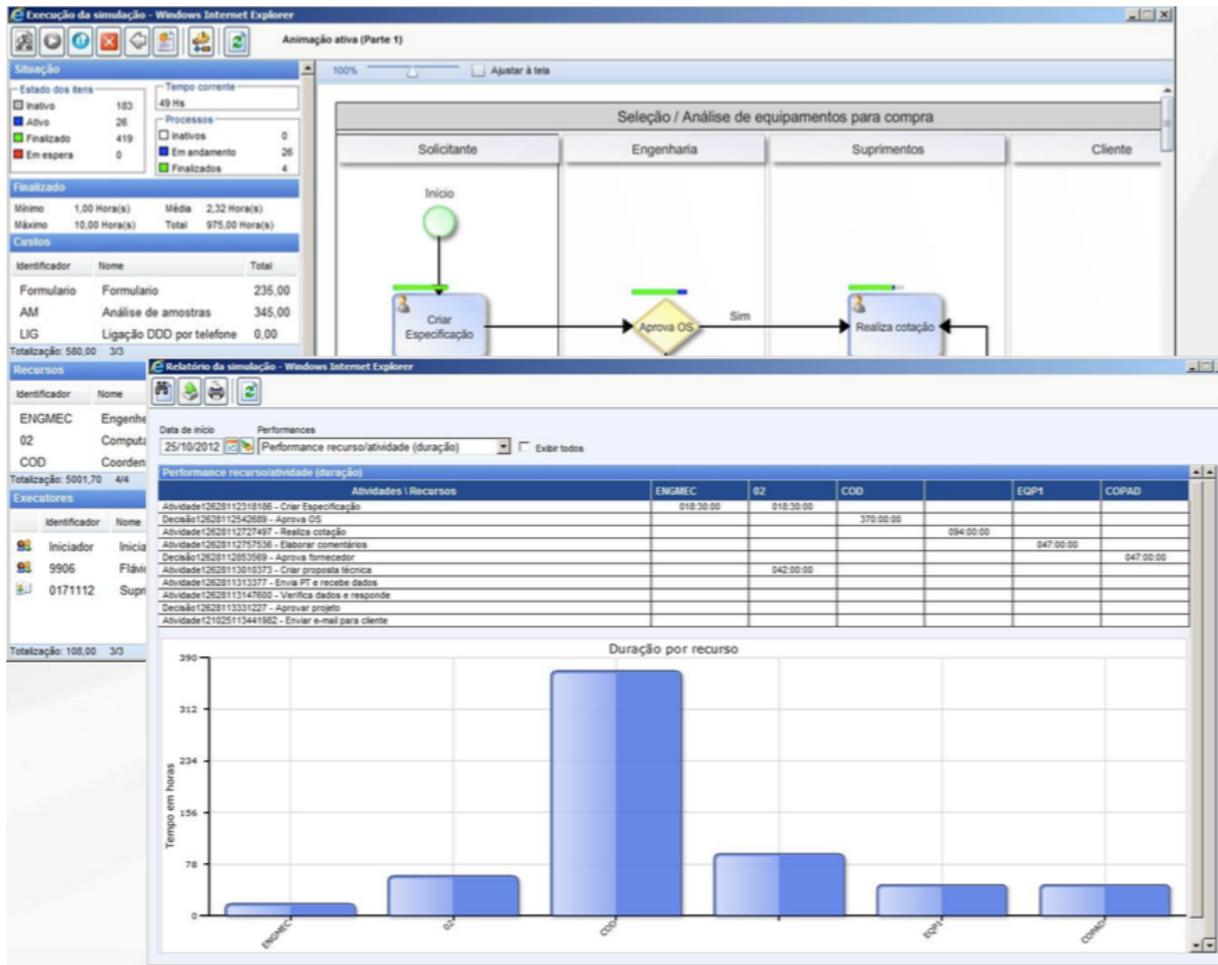


Fonte: Softexpert (2015)

SoftExpert BPM oferece também o recurso de simulação, oportunizando melhorias por meio de criação de cenários (*what-if*), podendo monitorar em tempo real a execução e o andamento seus dados. O sistema permite a visualização em tempo real dos resultados que estão sendo gerados, podendo também fazer uma análise mais detalhada de todos os valores (SOFTEXPERT, 2015).

Conforme Softexpert (2015), na simulação é possível ter um controle de custos por atividade, consumo de recursos, rotas de processos definidas pelo sistema ou pelo usuário, controlar a velocidade da animação, ter uma simulação passo-a-passo, entre outras coisas, tudo com vista na otimização, permitindo aos gestores uma melhoria contínua, revisando e monitorando processos.

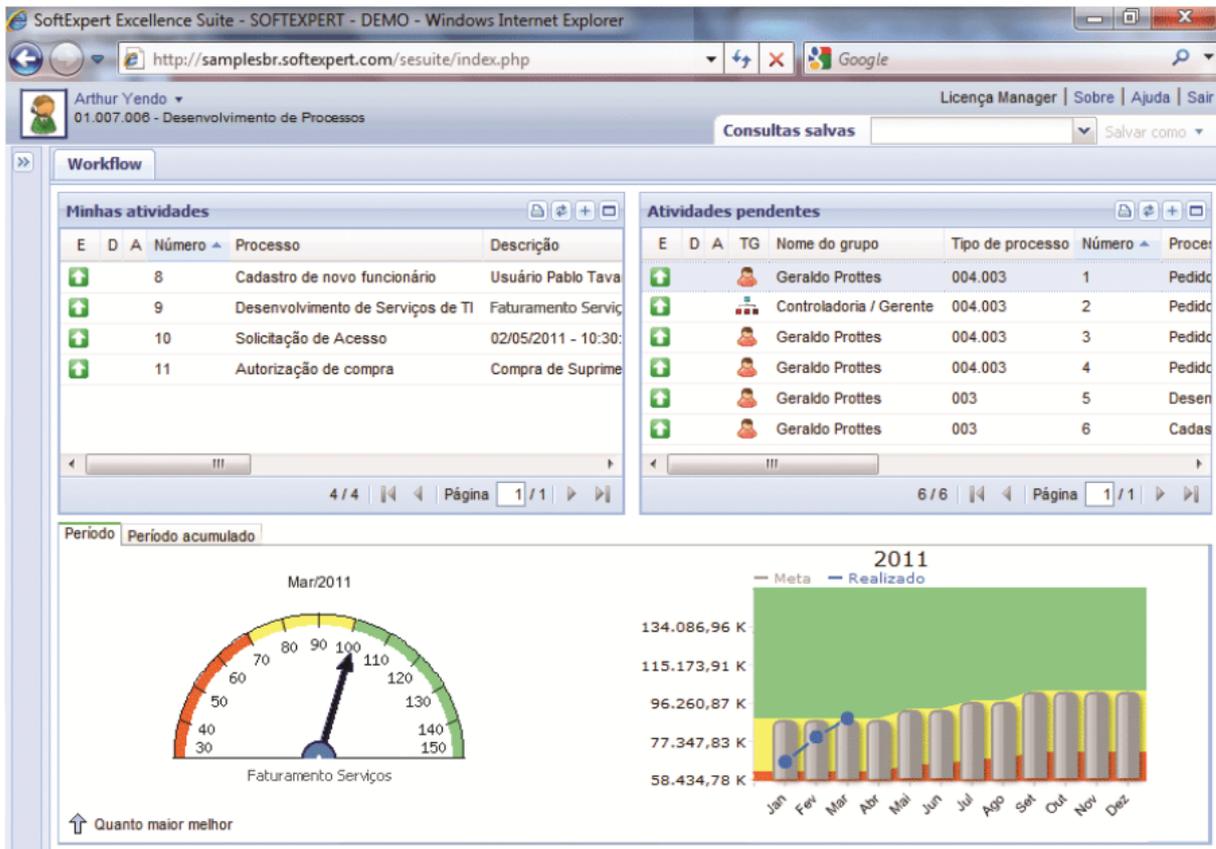
Figura 24 - Simulador de processos



Fonte: Softexpert (2015)

A figurara 25 mostra a medição de desempenho individual do sistema, de forma visual harmônica e“com os dados bem apresentáveis.

Figura 25 - Medição de desempenho individual



Fonte: Softexpert (2015)

3.3.2 Considerações sobre o softexpert

Como nota-se, o sistema possui muitas ferramentas para a gestão de uma empresa. O detalhamento do seu sistema BPM mostrou que, da mesma forma que os outros sistemas, o SoftExpert - BPM possui as características essenciais para a disputa no mercado competitivo de gestão de processos, tendo também sistema *Web* que ajuda no entendimento e gerenciamento em tempo real da empresa.

Apesar de não ter-se muitas informações e formas de testá-lo, pois é um sistema pago, não há muita coisa nova, comparado às outras plataformas BPM que foram analisadas. O que se pode dizer é que essa é uma ferramenta completa de gestão de processos de negócios, sendo uma boa auxiliar no estudo desse trabalho, por também mostrar a importância de alguns passos para simulação, como a exibição em tempo real do simulado.

3.4 Considerações sobre trabalhos relacionados

A análise dos três sistemas fizeram a criação da proposta de protótipo de simulação para BPMS ter uma base clara das principais funcionalidades básicas necessárias para que se tenha uma consistência inicial nessa nova área de simulação que está sendo introduzido o sistema da Interact Solutions.

Como dito anteriormente, além de mostrar como o topo competitivo do mercado de gestão de processos está oferecendo suas aplicações, buscou-se também uma base para a criação do protótipo, pois, de forma visível, eles possuem muita similaridade no seu objetivo de simulação.

4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Após o estudo e a apresentação dos conceitos e dos objetivos propostos, esta sessão reúne o desenvolvimento e os resultados obtidos na solução.

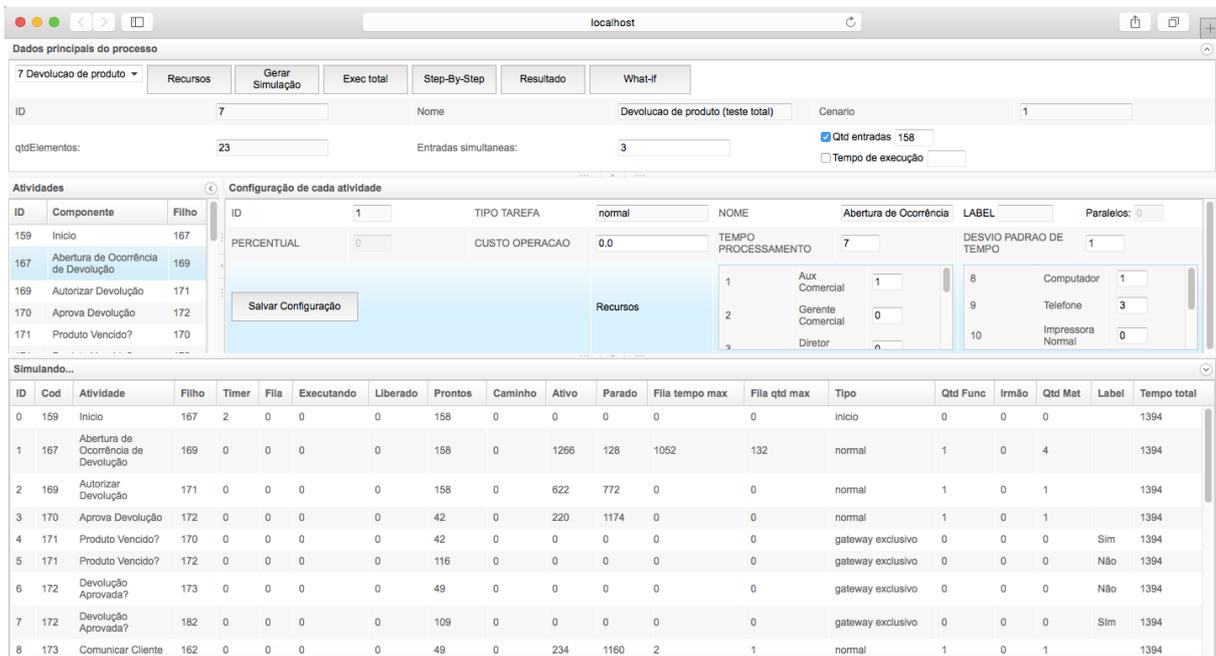
Como primeira parte, tem-se uma visão geral da solução, onde se mostra em detalhes qual a função de cada parte do protótipo, vendo assim a solução como um todo, tendo representações de telas e fluxograma da descrição geral de funcionamento.

4.1 Visão geral da solução proposta

Conforme apresenta a figura 26, a tela principal do protótipo abrange as informações relevantes do processo e de cada atividade que o processo possui. Nela são feitas todas as configurações necessárias para que a simulação seja iniciada, desde a quantidade de entradas simultâneas até o tempo de execução e os recursos que estão ligados às atividades.

A aba “Dados principais do processo” as informações básicas, configurações gerais e o menu de botões, que coordenam a simulação. Na lateral esquerda, estão listadas as atividades, com seu trajeto (“filho”). No centro estão as configurações de cada atividade, onde, ao selecionar um item na lista lateral, pode-se visualizar e alterar as características de como ela trabalha. A aba “Simulando” é onde, após todas as configurações definidas e salvas, a execução da simulação acontecerá.

Figura 26 - Visão geral da tela principal do Protótipo

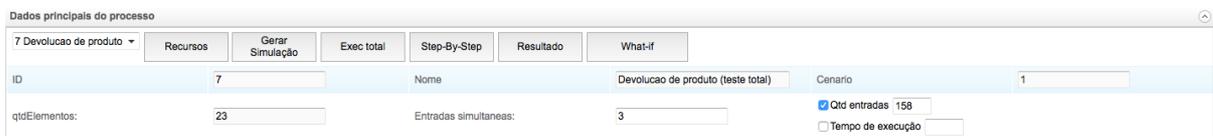


Fonte: Autor

4.1.1 Detalhes do processo

Inicialmente, conforme figura 27, temos um campo de seleção (*checkbox*) onde estão listados todos os processos contidos no banco de dados. Esse é o primeiro ponto de atenção que o usuário terá, escolhendo qual processo deseja simular.

Figura 27 - Dados principais do processo



Fonte: Autor

Na figura mostrada, todos os campos estão visíveis, mas eles vão sendo habilitados conforme o passar dos passos para simulação. Nos tópicos seguintes pode-se entender claramente suas funcionalidades, seguindo a lógica de execução.

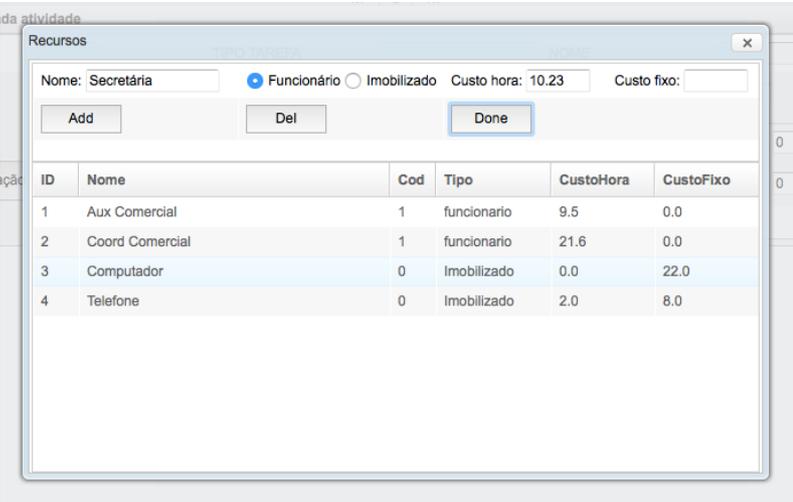
A respeito dos campo, após a seleção de um dos processos no *checkbox*, os campos básicos do processo (desabilitados) na aba superior são preenchidos.

Os campos “Entradas simultâneas”, “Qtd entradas” e “Tempo de execução” são parâmetros de execução, onde determinam qual o total de entradas que serão lançadas na simulação por vez, se a simulação será por um determinado período de tempo (toda a simulação é baseada em minutos) ou se será por quantidade de entradas.

4.1.2 Recursos

Na aba dos dados principais do processo há um botão chamado “Recursos”. Ao clicar nele, uma janela é aberta (representada pela figura 28). Nessa janela pode-se adicionar todos os recursos que se deseja eventualmente adicionar no processo. Nele pode-se escolher entre o tipo “funcionário”, que representa inicialmente serviços que o ser humano executa, e “imobilizado”, que são objetos, aparelhos, serviços e tudo mais. Para cada recurso, adiciona-se o custo da hora e o custo fixo dele (caso deixe em branco, é interpretado como zero).

Figura 28 - Janela de manipulação dos recursos



The screenshot shows a window titled "Recursos" with a close button (X) in the top right corner. At the top, there is a form with the following fields: "Nome: Secretária", a radio button for "Funcionário" (which is selected) and "Imobilizado", "Custo hora: 10.23", and "Custo fixo:". Below the form are three buttons: "Add", "Del", and "Done". The "Done" button is highlighted with a blue border. Below the buttons is a table with the following data:

ID	Nome	Cod	Tipo	CustoHora	CustoFixo
1	Aux Comercial	1	funcionario	9.5	0.0
2	Coord Comercial	1	funcionario	21.6	0.0
3	Computador	0	Imobilizado	0.0	22.0
4	Telefone	0	Imobilizado	2.0	8.0

Fonte: Autor - Protótipo de simulação

A cada inclusão que se queira fazer, escreve-se os dados nos campos da aba superior e, após clicado no botão “add”, os dados são mostrados no *grid* abaixo. Quando todos os recursos necessários estiverem definidos, o botão “done” salva os dados no processo e fecha a janela de recursos.

4.1.3 Lista de Atividades e suas configurações

Na lateral esquerda tem-se a listagem de todas as atividades que fazem parte do processo, mostrando seu ID e também para qual ID (“filho”) o percurso segue.

No centro da tela estão todos os campos de configuração necessários para que cada atividade exerça seu papel na simulação. Existem campos pré definidos, que descrevem algumas características da atividade, e outros que são setados em específico a cada uma.

Ao clicar em uma das atividades na lista lateral, todos os dados referentes à ela são mostrados nos campos específicos. Conforme a figura 29, o item selecionado foi do tipo “normal”, onde algumas configurações estão visíveis, algumas aptas para mudanças e outras desabilitadas. Na figura 30 outro item é selecionado, do tipo “gateway”, e esse, como tem funcionalidades diferentes, tem habilitado e visível campos diferentes. A descrição de cada campo de configuração será tratado no tópico seguinte, nas funcionalidades.

Figura 29 - Seleção de uma atividade do tipo “normal”

The screenshot shows a software interface with two main panels. On the left, a table titled 'Atividades' lists activities with columns for ID, Componente, and Filho. Activity 167, 'Abertura de Ocorrência de Devolução', is selected. On the right, the 'Configuração de cada atividade' panel is populated with data for activity 1. It includes fields for TIPO TAREFA (normal), NOME (Abertura de Ocorrência), LABEL, Paralelos (0), PERCENTUAL (0), CUSTO OPERACAO (0.0), and TEMPO PROCESSAMENTO (7). A 'Recursos' table lists resources like 'Aux Comercial', 'Gerente Comercial', and 'Diretor' with their respective counts. A 'Salvar Configuração' button is visible.

Fonte: Autor - Protótipo de simulação

Figura 30 - Seleção de uma atividade do tipo “gateway”

The screenshot shows the same software interface as Figure 29, but with activity 5 selected. The 'Configuração de cada atividade' panel shows TIPO TAREFA as 'gateway exclusivo', NOME as 'Produto Vencido?', LABEL as 'Não', Paralelos (0), PERCENTUAL (80), CUSTO OPERACAO (0.0), and TEMPO PROCESSAMENTO (0). The 'Recursos' table is empty. A 'Salvar Configuração' button is visible.

Fonte: Autor - Protótipo de simulação

A cada atividade configurada, o salvamento das informações se faz necessário. Clicando no botão “Salvar Configuração”, este está gravado e apto a funcionar conforme especificado.

4.1.4 Simulação

Conforme figura 31, após a configuração de todos os parâmetros das atividades, a simulação pode ser iniciada. Para iniciar, clica-se no botão, na parte superior da tela, chamado “gerar simulação” e, para executar, tem-se duas opções: a primeira é a execução total, não mostrando os passos intermediários, e a segunda é a execução em passo-a-passo, mostrando a simulação de minuto a minuto (um clique no botão representa um minuto).

Nessa tabela estão reunidas todas as informações necessárias para o controle e a geração dos resultados e onde os dados vão sendo atualizados a cada minuto, para acompanhar o processo de simulação. Atividades do tipo *gateway* possuem uma linha representativa para cada caminho que elas levam. As atividades que possuem mais de um recurso do tipo “funcionário” vinculados também tem uma linha para cada funcionário, tendo assim um controle individual de utilização.

Figura 31 - Simulando

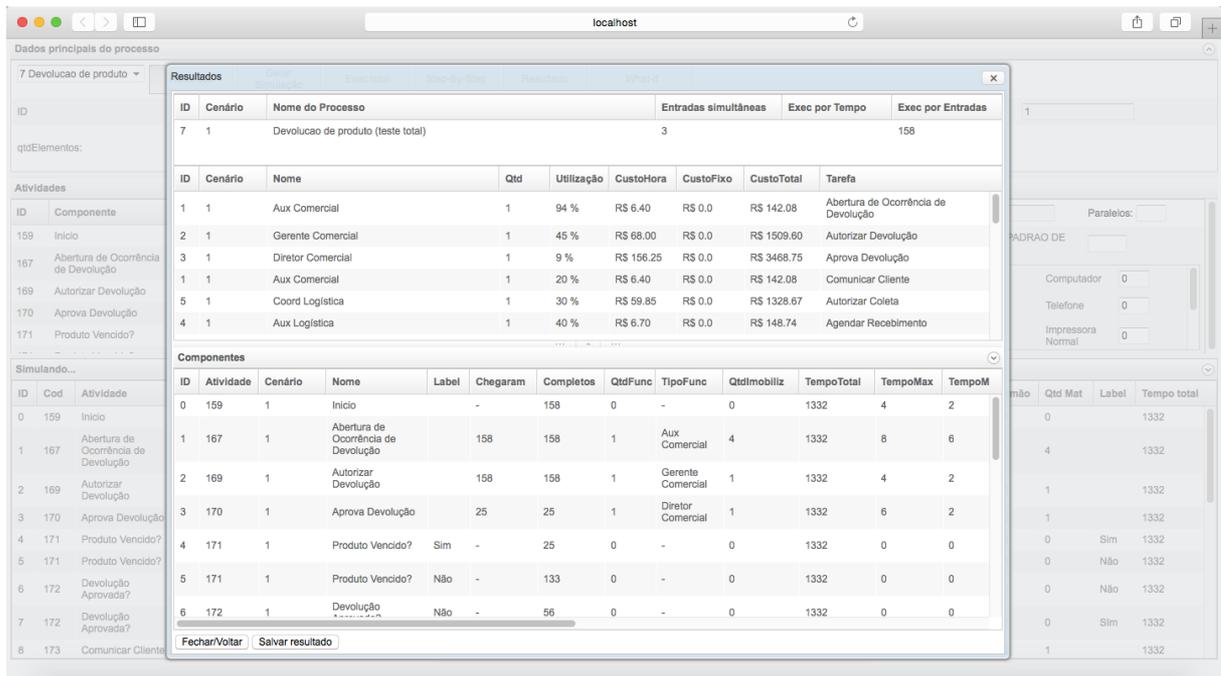
ID	Cod	Atividade	Filho	Timer	Fila	Executando	Liberado	Prontos	Caminho	Ativo	Parado	Fila tempo max	Fila qtd max	Tipo	Qtd Func	Irmão	Qtd Mat	Label	Tempo total
0	159	Início	167	2	0	0	0	158	0	0	0	0	0	início	0	0	0		1394
1	167	Abertura de Ocorrência de Devolução	169	0	0	0	0	158	0	1266	128	1052	132	normal	1	0	4		1394
2	169	Autorizar Devolução	171	0	0	0	0	158	0	622	772	0	0	normal	1	0	1		1394
3	170	Aprova Devolução	172	0	0	0	0	42	0	220	1174	0	0	normal	1	0	1		1394
4	171	Produto Vencido?	170	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Sim	1394
5	171	Produto Vencido?	172	0	0	0	0	116	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Não	1394
6	172	Devolução Aprovada?	173	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Não	1394
7	172	Devolução Aprovada?	182	0	0	0	0	109	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Sim	1394
8	173	Comunicar Cliente	162	0	0	0	0	49	0	234	1160	2	1	normal	1	0	1		1394

Fonte: Autor - Protótipo de simulação

4.1.5 Resultados

Ao finalizar a simulação, seja sendo pelo tempo de execução ou por quantidade de entrada, clicando no botão “Resultado”, a janela de resultados aparece. Nela se tem três tabelas principais, onde na primeira estão as descrições gerais do processo, na segunda estão calculados os resultados de cada recurso e, na terceira, os resultados de cada atividade.

Figura 32 - Simulando



Fonte: Autor - Protótipo de simulação

Os recursos do tipo “funcionário” são analisados individualmente, na segunda tabela da tela de resultados. Caso uma atividade tenha mais de um funcionário definido, estes serão expressos individualmente (cada um em uma linha), mostrando seus resultados com uma visão realista de sua utilização. Os campos de resultados apresentados pelos recursos podem ser visualizados todos na figura 32, na segunda tabela, mas os campos das atividades não, pelo motivo de serem muitos e não caberem na tela sem o *scroll* horizontal. Por isso, a lista abaixo cita e explica brevemente todos eles.

- ID: sequencial de resultados;
- Atividade: código de cada atividade;
- Cenário: entende-se sua melhor utilização no momento de comparar dois processos, que possuem cenários diferentes;
- Nome: descrição da atividade;
- *Label*: quando é uma atividade do tipo *gateway* inclusivo ou exclusivo, cada caminho seguindo é representado por uma linha (uma atividade) e tem seu *label* próprio;

- Chegaram: representa a quantidade de dados que chegaram à atividade. Vê-se isso em duas situações principais: a primeira quando utiliza-se *gateway* paralelo, onde o *gateway*, que recebe os dados de todos os caminhos feitos, deve analisar as entradas e só passar um dado adiante, já que, para cada caminho paralelo, havia sido gerado uma cópia do dado; e a segunda situação é quando a execução é feita por tempo limite, onde pode-se terminar o tempo definido e dados ainda estarem na fila ou executando;
- Completos: são quantas atividades foram executadas e finalizadas;
- QtdFunc: é a quantidade de determinado funcionário que a atividade possui;
- Função: é a função do funcionário;
- QtdImobiliz: é a quantidade de imobilizados que a atividade possui. Os imobilizados, diferentes dos ativos, não são calculados separadamente (atividade duplicada), pois, como a quantidade e o tipo de imobilizados para uma atividade pode ser quantos o usuário quiser, optou-se por não ter um comportamento de análise profunda de cada;
- TempoTotal: é o tempo total de execução do processo;
- TempoMax: tempo máximo que a atividade levou para executar um dado;
- TempoMin: é o tempo mínimo que a atividade levou para executar um dado;
- TempoMed: tempo médio que a atividade levou para executar um dado;
- TempoMaxFila: tempo máximo que um dado ficou aguardando na fila;
- QtdMaxFila: Quantidade máxima de dados aguardando na fila;
- CustoTotalImob: custo referente à todos os imobilizados da atividade;
- CustoTotalFunc: custo total dos funcionários da atividade;
- CustoTotalRecursos: soma do custo de todos imobilizados e funcionários;
- CustoMedFunc: custo médio de cada funcionário na atividade;
- CustoFixo: algumas atividades podem ter custos que não estão ligadas à recursos, mas sim à própria atividade.
- CustoTotal: soma de todos os custos das atividades;
- Tipo: é o tipo da atividade, definida pelo sistema SAS-BPM da Interact Solutions.

A última linha da terceira tabela de resultados tem um agrupamento dos dados, mostrando o total do processo. Tem-se duas opções após a visualização dos resultados: fechar a tela ou salvar no banco de dados o resultado.

4.1.6 Comparação

Depois de ter um resultado salvo, é possível duplicar o processo e gerar um que seja a mesma sequencia de execução, com os mesmos parâmetros. Com isso gera-se um novo cenário (quantidade de cenários ilimitada), que é tratado da mesma forma como qualquer outro processo, onde define-se as configurações, executa-se as simulações e os resultados são apresentados e salvos.

Após a geração dos novos resultados do novo cenário, pode-se comparar os dois processos configurados, onde todos os resultados estão representados na mesma tabela. A janela usada é a mesma que dos resultados individuais.

Figura 33 - Comparação

The screenshot shows a web browser window with a simulation tool. A modal window titled 'Resultados' is open, displaying two tables. The first table, 'Entradas simultâneas', compares two scenarios for 'Devolucao de produto (teste total)'. The second table, 'Componentes', provides a detailed breakdown of activities across different scenarios, including 'Inicio', 'Abertura de Ocorrência de Devolução', and 'Autorizar Devolução'.

ID	Cenário	Nome do Processo	Entradas simultâneas	Exec por Tempo	Exec por Entradas
7	1	Devolucao de produto (teste total)	3	0	158
7	2	Devolucao de produto (teste total)	2	200	0

ID	Cenário	Nome	Qtld	Utilização	CustoHora	CustoFixo	CustoTotal	Tarefa
1	1	Aux Comercial	1	95 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 142.08	Abertura de Ocorrência de Devolução
1	2	Aux Comercial	1	98 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 21.33	Abertura de Ocorrência de Devolução
1	2	Aux Comercial	1	97 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 21.33	Abertura de Ocorrência de Devolução
1	2	Aux Comercial	1	96 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 21.33	Abertura de Ocorrência de Devolução

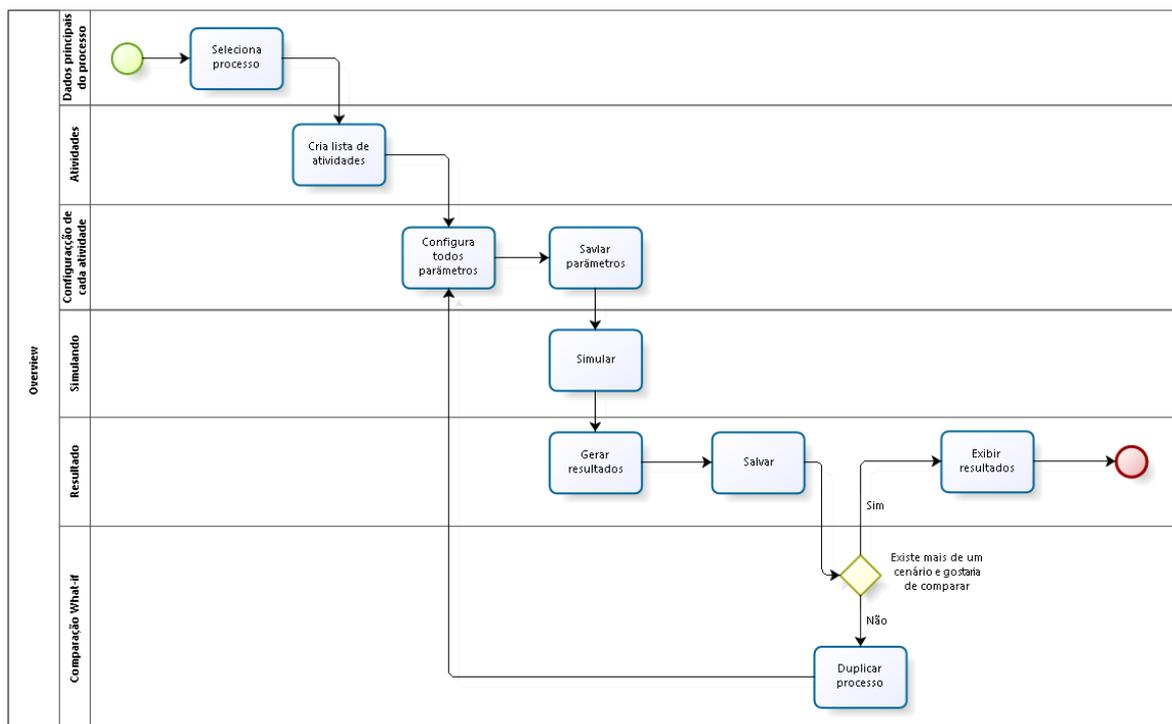
ID	Atividade	Cenário	Nome	Label	Chegam	Completos	QtzFunc	TipoFunc	Qtzmobiliz	TempoTotal	TempoMax	TempoMin
0	159	1	Inicio	-	158	0	-	-	0	1332	4	2
0	159	2	Inicio	-	96	0	-	-	0	200	4	2
1	167	1	Abertura de Ocorrência de Devolução		158	158	1	Aux Comercial	4	1332	8	6
1	167	2	Abertura de Ocorrência de Devolução		96	70	3	Aux Comercial	4	200	8	6
2	169	1	Autorizar Devolução		158	158	1	Gerente Comercial	1	1332	4	2
2	169	2	Autorizar Devolução		70	47	1	Gerente Comercial	1	200	4	2
3	170	1	Aprova Devolução		31	31	1	Diretor Comercial	1	1332	6	2

Fonte: Autor - Protótipo de simulação

4.1.7 Overview de execução

Tendo ideia das telas apresentadas e as funcionalidades básicas, a figura 34 mostra o processo de execução do sistema.

Figura 34 - Overview de execução



Fonte: Autor - criado no *software* Bizagi

Assim se finaliza a abordagem geral do sistema, mostrando como ele é visto e sua execução superficial. No próximo tópico serão detalhadas as estruturas utilizadas para o desenvolvimento da proposta.

4.2 Estrutura e especificação

Para a modelagem dos processos e estudo da plataforma SAS-BPM, foi disponibilizada pela empresa Interact Solutions uma máquina virtual com uma licença de operação deles. Com isso, todas as modelagens dos processos de testes foram criados nesse ambiente.

Como a máquina virtual tem um espaço de disco limitado, todo o restante do desenvolvimento foi feito fora dela.

4.2.1 Plataforma de desenvolvimento

Para o desenvolvimento deste protótipo, java foi a linguagem de programação utilizada e foram utilizados os seguintes programas auxiliares:

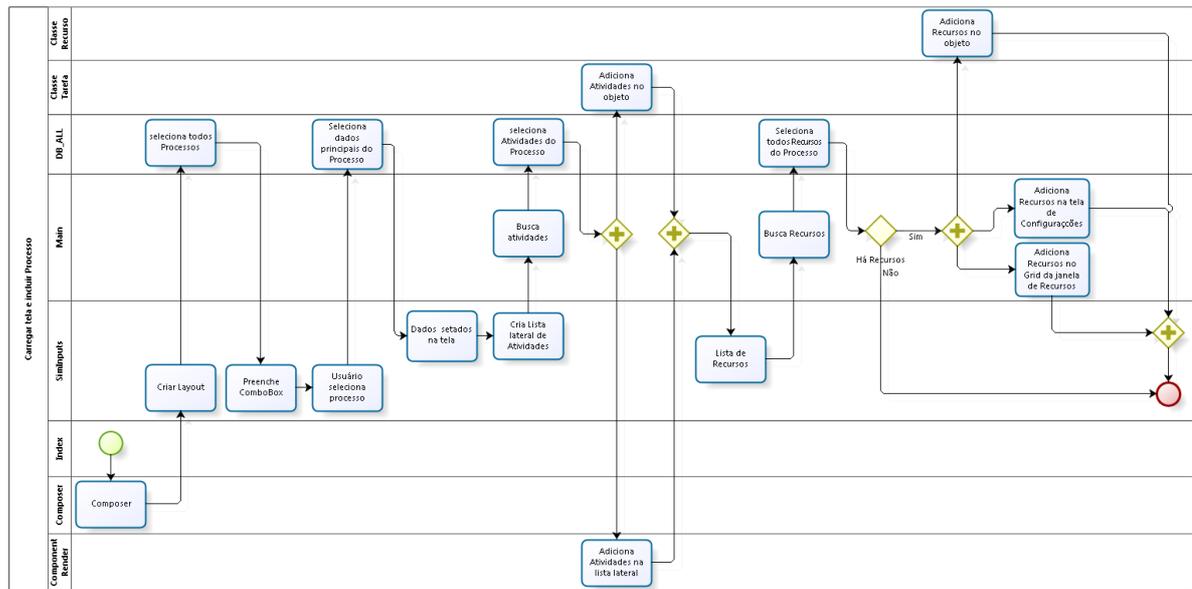
- IDE Netbeans - versão 8.0.2 para o sistema Mac OS X versão 10.10.2
- *Framework ZK*: permite o desenvolvimento de aplicativos web com toda a programação sendo escrita em java. O framework se preocupa com toda a integração e execução web. *Framework* foi integrado ao IDE Netbeans.

4.2.2 Banco de dados

Como a licença de utilização do sistema da Interact Solutions disponibilizada foi conjunta com uma máquina virtual, foi necessário criar uma base de dados nova, externa à máquina virtual, e apenas os dados que interessavam à simulação foram copiadas da base de dados da empresa. O aplicativo utilizado para criar e manipular todo o banco de dados do protótipo foi o MySQL Workbench, na sua versão 6.2.5 para Mac OS X.

A figura 35 mostra a modelagem do banco de dados utilizada para as simulações. Basicamente os detalhes que são necessários da base original para as simulações são os dados dos processos, como nome e id e as atividades com o sequenciamento dos percursos, o restante é consequência das configurações do protótipo. Os tipos de atividades com suas descrições também foram utilizadas da base original.

Figura 36 - Fluxo de criação da tela e seleção de processo



Fonte: Autor - criado no *software Bizagi*

Todo o processo inicia-se no arquivo `index.zul`, que é uma página criada pelo próprio *framework*. Ela é utilizada, nesse trabalho, apenas para começar a execução, não tendo tarefas tratadas nele, só referenciando outros arquivos.

Figura 37 - `index.zul` - onde o sistema inicia

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <zkg>
3    <div use="mainStuffs.SimInputs" apply="mainStuffs.Composer">
4    </div>
5  </zkg>

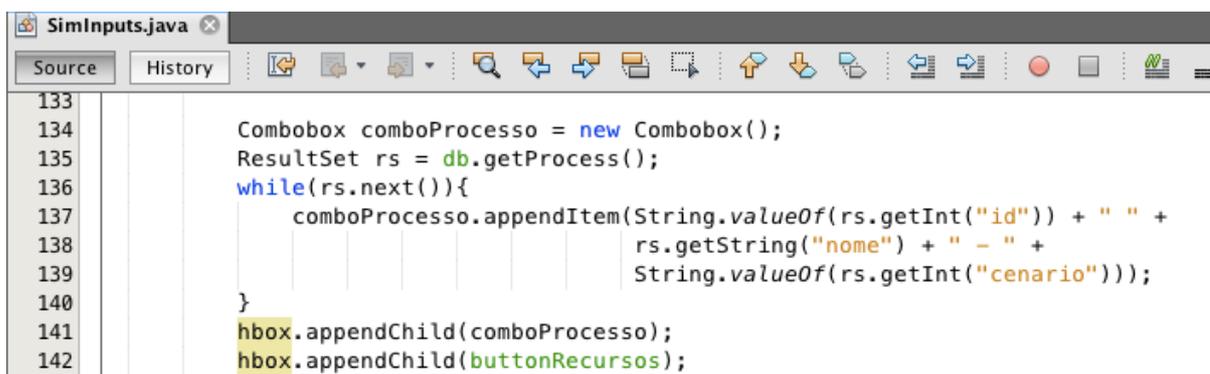
```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Agora inicia-se a criação do *layout* dentro do “`SimInputs.java`”, onde todos os campos são definidos, alinhados, configurados individualmente e setados na tela inicial. Nesse momento não há muita manipulação dos dados, onde apenas cada tipo de campo é referenciado e adicionado. A parte que é tratada é apenas a busca e inclusão dos dados básicos de todos os processos que estão no banco.

A figura 38 mostra parte da inclusão do *combobox* onde os processos serão inseridos. Com isso feito, a tela é terminada de carregar e o usuário está apto a selecionar o processo que deseja simular.

Figura 38 - SimInputs.java - criação de campos e inclusão dos processos no *combobox*

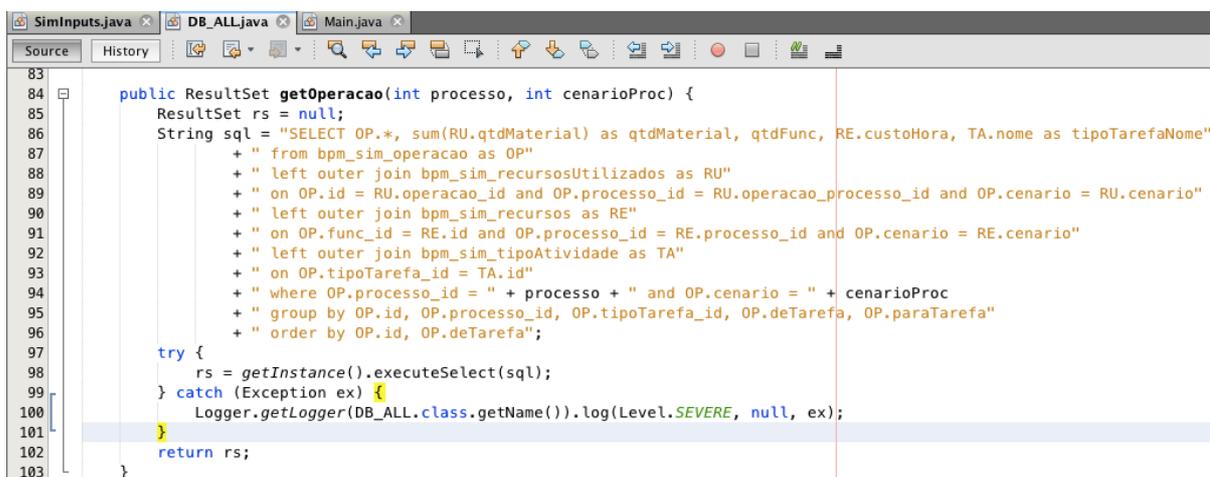


```
133
134     Combobox comboProcesso = new Combobox();
135     ResultSet rs = db.getProcess();
136     while(rs.next()){
137         comboProcesso.addItem(String.valueOf(rs.getInt("id")) + " " +
138                               rs.getString("nome") + " - " +
139                               String.valueOf(rs.getInt("cenario")));
140     }
141     hbox.appendChild(comboProcesso);
142     hbox.appendChild(buttonRecursos);
```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Selecionando um processos, todas suas atividades são buscadas no banco e adicionadas no objeto e na lista lateral da tela. A figura 39 mostra a forma que a busca desses dados no banco de dados é feita. Após isso os dados são todos incluídos no objeto de atividades, onde tem-se todas as informações iniciais e onde as novas configurações também serão salvas.

Figura 39 - DB_ALL.java - seleção de todas as operações de determinado processo



```
83
84     public ResultSet getOperacao(int processo, int cenarioProc) {
85         ResultSet rs = null;
86         String sql = "SELECT OP.*, sum(RU.qtdMaterial) as qtdMaterial, qtdFunc, RE.custoHora, TA.nome as tipoTarefaNome"
87                     + " from bpm_sim_operacao as OP"
88                     + " left outer join bpm_sim_recursosUtilizados as RU"
89                     + " on OP.id = RU.operacao_id and OP.processo_id = RU.operacao_processo_id and OP.cenario = RU.cenario"
90                     + " left outer join bpm_sim_recursos as RE"
91                     + " on OP.func_id = RE.id and OP.processo_id = RE.processo_id and OP.cenario = RE.cenario"
92                     + " left outer join bpm_sim_tipoAtividade as TA"
93                     + " on OP.tipoTarefa_id = TA.id"
94                     + " where OP.processo_id = " + processo + " and OP.cenario = " + cenarioProc
95                     + " group by OP.id, OP.processo_id, OP.tipoTarefa_id, OP.deTarefa, OP.paraTarefa"
96                     + " order by OP.id, OP.deTarefa";
97         try {
98             rs = getInstance().executeSelect(sql);
99         } catch (Exception ex) {
100             Logger.getLogger(DB_ALL.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
101         }
102         return rs;
103     }
```

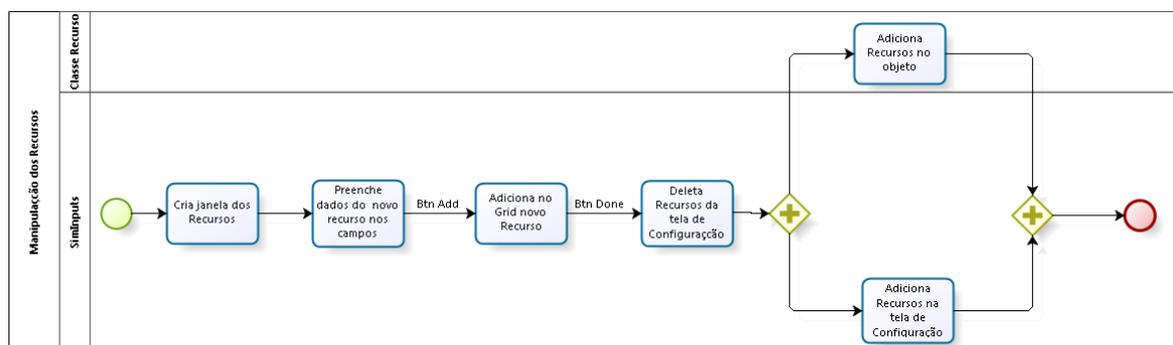
Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Da mesma forma que as atividades, os recursos também são buscados na base de dados e, caso já existam, são inseridos no objeto de recursos, na aba de configurações no centro da tela e no *grid* de recursos da janela de manipulação de recursos. Na inclusão dos recursos na aba de configuração, é analisado se ele é do tipo “funcionário” ou “imobilizado”, sendo adicionado em *grids* diferentes. Com esses passos finalizados, o protótipo de simulação já está com todas as atividades e os recursos carregados e prontos para serem manipulados.

4.3.2 Manipulação dos recursos

Ao clicar no botão “Recursos” na aba superior da tela, abre-se uma janela de configuração onde toda manipulação é feita. Conforme descrito no item anterior, se ao buscar os recursos do banco estes já possuírem dados, são todos inseridos na janela de manipulação de recursos. Os passos de inclusão de novo recurso seguem conforme mostra a imagem 40.

Figura 40 - Fluxo de manipulação dos recursos



Fonte: Autor - criado no software Bizagi

Na parte superior da janela, alguns campos devem ser preenchidos, como o nome, o tipo e os custos por hora e fixo. Ao clicar no botão incluir, uma linha nova no *grid* abaixo é criado, inserindo estes dados preenchidos e limpando os campos superiores para mais inclusões.

Quando todos os recursos tiverem sido criados, clica-se no botão “Done”, que adicionará os recursos na aba de configuração no centro da tela, apagará e salvará todos os dados no objeto de recursos e fechará a janela.

4.3.3 Configuração do processo e das atividades

A figura 41 mostra todos os campos de configuração que as atividades podem ter e as configurações gerais. Os campos que estão sem as estrelas desenhadas do lado do campo não podem ser modificados, pois são campos padrões. Os restantes, com estrelas, podem ser modificados, mas dependem do tipo de atividade. Abaixo estão listadas as funcionalidades de cada campo.

Figura 41 - Configuração do processo e das atividades

Dados principais do processo

7 Devolucao de produto

Recursos Gerar Simulação What-if

ID: 7 Nome: Devolucao de produto (teste total) Cenario: 1

qtdElementos: 23 Entradas simultaneas: 3

Qtd entradas: 158

Tempo de execucao

Atividades

Configuração de cada atividade

ID	Componente	Filho	ID	TIPO TAREFA	NOME	LABEL	Paralelos
159	Inicio	167	PERCENTUAL	CUSTO OPERACAO	TEMPO PROCESSAMENTO	DESVIO PADRAO DE TEMPO	
167	Abertura de Ocorrência de Devolução	169					
169	Autorizar Devolução	171					
170	Aprova Devolução	172					
171	Produto Vencido?	170					
174	Devolução Vencido?	172					

1	Aux Comercial	0	8	Computador	0
2 <td>Gerente Comercial</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>Telefone</td> <td>0</td>	Gerente Comercial	0	9	Telefone	0
3 <td>Diretor Comercial</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>Impressora Normal</td> <td>0</td>	Diretor Comercial	0	10	Impressora Normal	0

Fonte: Autor - protótipo de simulação

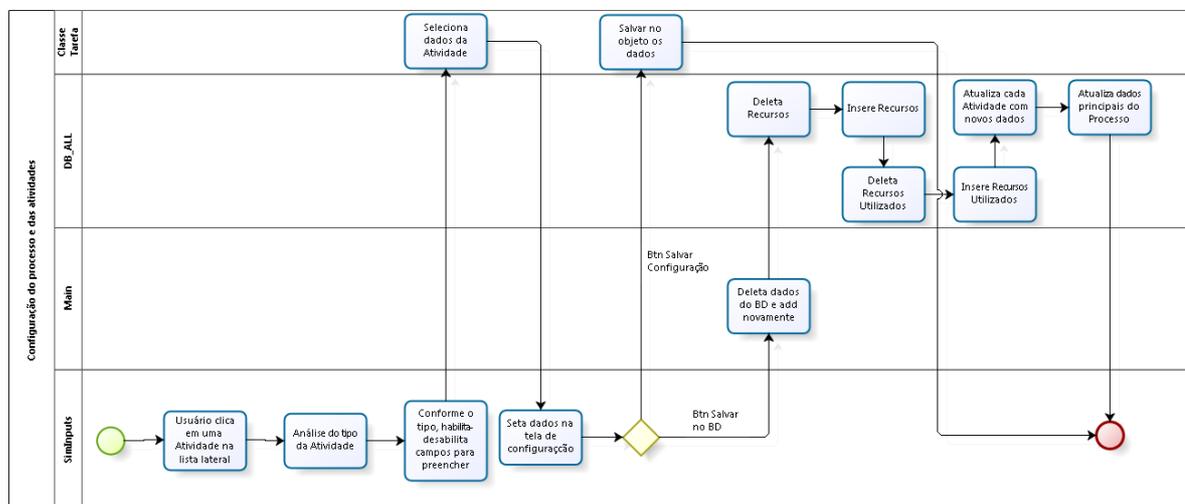
- ☆ Entradas simultâneas: Com essa configuração, define-se a quantidade de dados que entrarão por vez;
- ☆ Qtd entradas: quando este item está selecionado, a simulação ocorre até que toda quantidade de dados seja inserida e chegue ao final do processo;
- ☆ Tempo de execução: nessa opção, o que importa é o tempo decorrido. Quando este tempo chegar ao fim, o processo para, independente se ainda estava executando ou não;
- ☆ Percentual: este campo é configurado apenas para as atividades do tipo “gateway”, onde, para cada caminho que esse gateway levar, especifica-se o percentual de vezes de ocorrência. Ele apenas não é utilizado para "gateway paralelo”, pois nele todos os caminhos são executados.
- ☆ Custo operação: há casos que, além do custo de cada recurso, uma atividade também tem um custo associado que no final é acrescido nos resultados.
- ☆ Tempo de processamento: na atividade do tipo “inicio”, esse campo determina de quanto em quanto tempo uma nova quantidade de dados chegará à sua fila e entrará no processo.

Para as outras atividades (sem contar os *gateway*) esse campo determina o tempo que a atividade leva para executar um dado.

- ☆ Desvio padrão de tempo: é a variação que o tempo de processamento pode sofrer para executar cada dado.
- ☆ Paralelos: é definido quando há um *gateway* paralelo. É descrito ali a quantidade de caminhos diferentes que ele tem. Esse campo só é setado quando está selecionado o *gateway* que uni novamente todos os caminhos (onde os caminhos se encontram para continuar o fluxo).
- ☆ Recursos: são todos os recursos que a tarefa utiliza. Cada atividade pode ter apenas um tipo de funcionário com quantidade ilimitada. A quantidade de imobilizados e o tipo deles é livre, podendo ter vários diferentes, com quantidades diferentes.

Para entender o fluxo de configuração de cada atividade, a figura 42 mostra como é o percurso geral.

Figura 42 - Fluxo de configuração do processo e das atividades



Fonte: Autor - criado no *software* Bizagi

Como já se tem a lista lateral preenchida, ao clicar em um dos itens, os dados referentes à ele são buscados no objeto e setados na tela de configuração.

Na hora de carregar os dados, inicialmente o sistema manipula os campos, deixando habilitado e visível apenas os relevantes, evitando preenchimentos em campos que não há necessidade.

Em cada atividade o usuário pode configurar como será o seu comportamento. Nesse momento também são configurados os campos gerais que estão na aba superior da tela (entradas simultâneas e quantidade de entradas ou tempo de execução).

Depois de definir as configurações, os dados são gravados de volta para o objeto específico, clicando no botão “Salvar Configuração”.

Caso a atividade seja do tipo “Fim”, este não tem nenhum dado configurável, mas é nesse ponto que o botão “Salvar Configuração” é substituído por “Salvar no BD”. Com isso todos os dados salvos no objeto de atividades, no objeto de recursos e nas configurações gerais são salvos no banco de dados. Com isso todos os dados estão configurados, salvos e prontos para a simulação.

4.3.4 Simulação

A simulação é iniciada quando se clica no botão “Gerar simulação”, na aba superior da tela, exibindo a aba de simulação na parte inferior e gerando uma matriz de simulação, que comandará os passos, tendo os valores todos controlados nela. Cada atividade é inserida na matriz em forma de linha.

Como pode-se inserir mais quantidades de um determinado funcionário para uma atividade, optou-se por multiplicar as linhas das atividades que tiverem mais de um funcionário, deixando uma linha para cada funcionário na matriz. Isso foi feito para que se tenha um controle e uma análise mais detalhada da usabilidade de cada funcionário e também para facilitar a simulação.

Conforme figura 43, os quadrados com bordas vermelhas demonstram a configuração sentada e como foram geradas as linhas para cada funcionário. Os círculos mostram como é feita a identificação deles, onde se tem uma coluna com nome de “irmão” representando a ligação com o primeiro gerado (o principal).

Figura 43 - Salvar configurações no banco de dados

Atividades			Configuração de cada atividade													
ID	Componente	Filho	ID	TIPO TAREFA	NOME	Abertura de Ocorrência	LABEL	Paralelos	PERCENTUAL	CUSTO OPERACAO	TEMPO PROCESSAMENTO	DESVIO PADRAO DE TEMPO	RECURSOS		RECURSOS	
185	Início	193	1	normal				0	0.0	6	2	1 Aux Comercial 3		3 Computador 3		
193	Abertura de Ocorrência de Devolução	195										2 Coord Comercial 0		4 Telefone 1		
207	Conceder crédito para Cliente	188														
195	Autorizacao final	207														
188	Fim	0														

Simulando...																			
ID	Cod	Atividade	Filho	Timer	Fila	Executando	Liberado	Prontos	Caminho	Ativo	Parado	Fila tempo max	Fila qtd max	Tipo	Qtd Func	Irmão	Qtd Mat	Label	Tempo tota
0	185	Início	193	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	início	0	0	0		0
1	193	Abertura de Ocorrência de Devolução	195	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	normal	1	0	4		0
2	193	Abertura de Ocorrência de Devolução	195	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	normal	1	1	0		0
3	193	Abertura de Ocorrência de Devolução	195	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	normal	1	1	0		0
4	207	Conceder crédito para Cliente	188	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	normal	1	0	0		0
5	195	Autorizacao final	207	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	normal	1	0	2		0
6	188	Fim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	fim terminal	0	0	0		0

Fonte: Autor - protótipo de simulação

A matriz de simulação é do tipo Inteiro, onde são incluídos todos os dados iniciais relevantes de cada atividade. Optou-se por criar uma matriz desse tipo pelo fato de que a simulação acontece de minuto a minuto e, como nesse ponto ainda não se faz necessário cálculos, os valores são apenas de contagem e não necessitam outro tipo, simplificando o processo.

Observa-se na figura 44, que mostra como esse processo de criação da matriz inicia, que o código tem um *loop* para passar cada atividade do objeto e, dentro dele, outro *loop* que é executado tantas vezes quanto houverem funcionários. Nesse ponto que é criada uma linha pra cada funcionário. Com isso os dados são inseridos no *grid* de exibição e na matriz.

Figura 44 - Detalhar tamanho e setar valores no *grid*

```

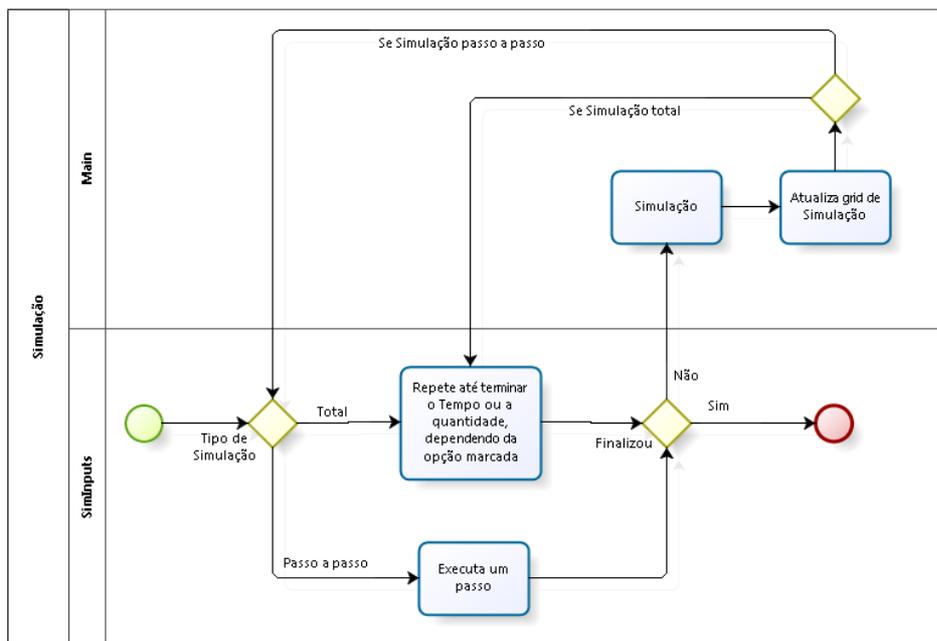
263 for(int x=0; x< Lista.size(); x++){
264     int irmao = 0;
265     qtdFunc = Lista.get(x).getEntr_qtdFuncionario();
266     int ate = 1;
267
268     if (qtdFunc > 1){ // para que, se tenha mais de um funcionario, add nova linha
269         irmao = count;
270         ate = qtdFunc; // salva a qtd de funcionários que a tarefa tem
271         qtdFunc = 1;
272     }
273     for (int y=0; y< ate; y++){
274         row = new Row();
275         row.appendChild(new Label(String.valueOf(count))); //ID
276         row.appendChild(new Label(String.valueOf(Lista.get(x).getEntr_deTarefa()))); //pai
277         row.appendChild(new Label(String.valueOf(Lista.get(x).getEntr_nome()))); //Tarefa_Nome
278         row.appendChild(new Label(String.valueOf(Lista.get(x).getEntr_paraTarefa()))); //filho
279         row.appendChild(new Label(String.valueOf(Lista.get(x).getEntr_tempoProcessamento()))); //TempoProc
280         row.appendChild(new Label("0")); // Fila
    
```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Uma observação importante, neste momento, é que, caso a atividade seja do tipo *gateway* paralelo, e ele seja o *gateway* que une todos os caminhos (coluna “junta paralelo=1”), uma matriz mostrando todos os caminhos é criada, para que, no momento da simulação, possa se ter a certeza de que todas as informações executadas em paralelo só seguirão seu caminho quando os dados de todos os seus caminhos tiverem chegado.

Após isso, pode-se iniciar a simulação. Há duas formas para executar, uma que é a execução total, onde os passos são executados sem pausa, e outra que é executada passo a passo. Ambas as ações executam a mesma função, mas uma executa apenas de um em um minuto, sempre que se clica no botão “*step-by-step*”.

Figura 45 - Fluxo de simulação



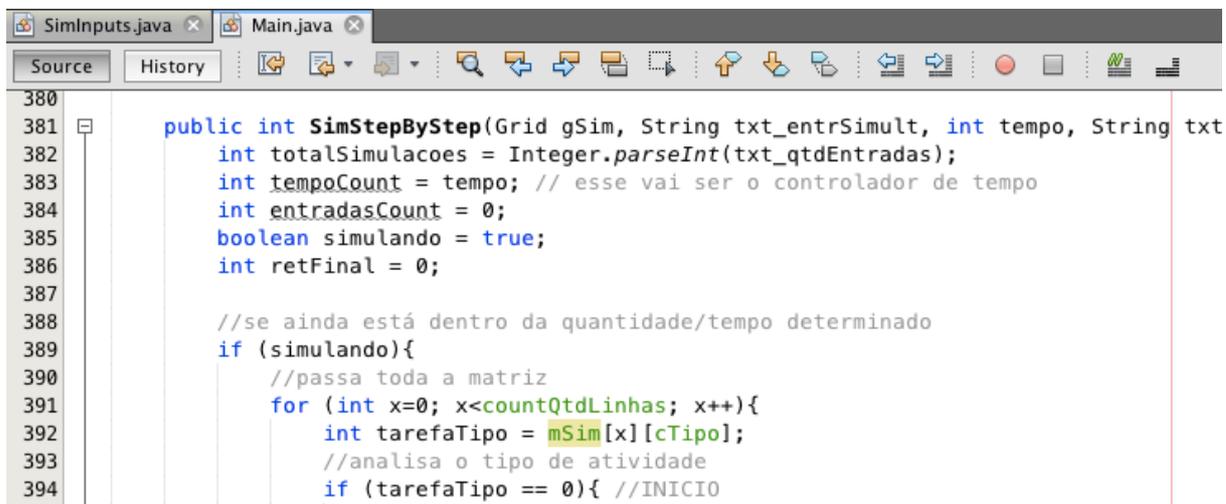
Fonte: Autor - criado no *software* Bizagi

Cada vez (cada “minuto”) que entra na função de execução da simulação, para cada linha da matriz, é feita a conferência e alteração dos dados. Em todas atividades a sequência lógica principal de execução das entradas segue a ordem de "Fila -> Executando -> Liberado”, tendo como consequência outros parâmetros sofrendo modificações.

Iniciando a função, temos um controlador de execução total, uma clausula “se”, que delimita o fim. Dentro dele há o *loop* que analisa todas as linhas da matriz. Para cada linha, é

feita a análise de qual o tipo de atividade que está sendo tratado no momento. A figura 46 exemplifica isso.

Figura 46 - Início da função de simulação



```
380
381 public int SimStepByStep(Grid gSim, String txt_entrSimult, int tempo, String txt
382     int totalSimulacoes = Integer.parseInt(txt_qtdEntradas);
383     int tempoCount = tempo; // esse vai ser o controlador de tempo
384     int entradasCount = 0;
385     boolean simulando = true;
386     int retFinal = 0;
387
388     //se ainda está dentro da quantidade/tempo determinado
389     if (simulando){
390         //passa toda a matriz
391         for (int x=0; x<countQtdLinhas; x++){
392             int tarefaTipo = mSim[x][cTipo];
393             //analisa o tipo de atividade
394             if (tarefaTipo == 0){ //INICIO
```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Para cada tipo diferente de atividade, há a execução de diferentes lógicas. Para entender isso, a seguir cada tipo será dividido em tópicos:

- Início:

Inicialmente, na linha 402 da figuras 47, é analisado se o tempo de execução dessa atividade está em zero. Se ainda não for zero, o *loop* finaliza e passa para a próxima atividade da matriz.

Observação: esse tempo de execução é o parâmetro que foi definido para a atividade. O valor vai decrescendo sempre até chegar a zero. Diferente de qualquer outro tipo de atividade, na atividade “início”, esse parâmetro tem o objetivo de contar o tempo até que novos dados sejam inseridos no processo. Nos outros tipos de atividade ele representa o tempo que a atividade ficará com um dado na coluna “executando”.

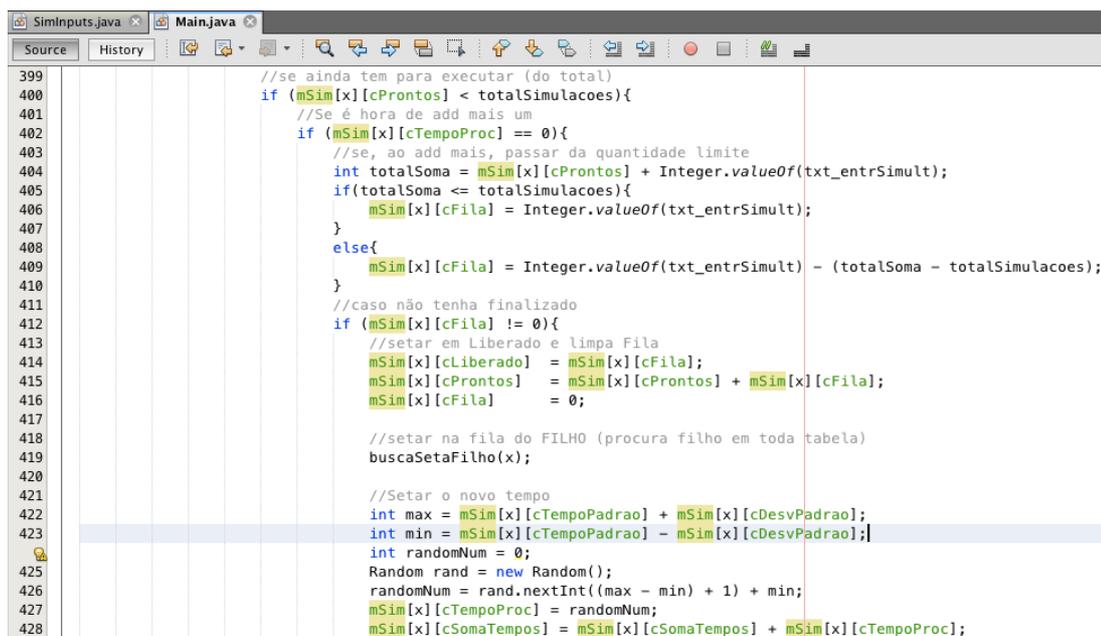
Caso mais um valor possa ser inserido (tempo zero), a quantidade é buscada nas configurações gerais (“entradas simultâneas”) e analisado se o valor pode ser acrescido totalmente ou parcialmente, caso ultrapasse o limite máximo de entradas.

O que acontece então é que a quantidade é adicionado na coluna “fila” da matriz. Como sabe-se que o tipo “início” não necessita passar pela coluna “execução”, este passa o valor direto para a coluna “liberado” e acresce a coluna “prontos”.

Nesse momento então é feita a transferência do valor "liberado" para a próxima atividade do processo, analisando o valor da coluna “filho” e fazendo a busca dele com a função “buscaSetaFilho” (representada na figura 48).

Para finalizar essa atividade, como o valor do tempo é zero, é necessário calcular um novo tempo, levando em conta o campo “tempo de processamento” e “desvio padrão” da atividade. Com isso é criado um novo valor para tempo, randomicamente (isso pode ser observado a partir da linha 422 da figura 47).

Figura 47 - tipo: Inicio



```
399 //se ainda tem para executar (do total)
400 if (mSim[x][cProntos] < totalSimulacoes){
401     //Se é hora de add mais um
402     if (mSim[x][cTempoProc] == 0){
403         //se, ao add mais, passar da quantidade limite
404         int totalSoma = mSim[x][cProntos] + Integer.valueOf(txt_entrSimult);
405         if(totalSoma <= totalSimulacoes){
406             mSim[x][cFila] = Integer.valueOf(txt_entrSimult);
407         }
408         else{
409             mSim[x][cFila] = Integer.valueOf(txt_entrSimult) - (totalSoma - totalSimulacoes);
410         }
411     }
412     //caso não tenha finalizado
413     if (mSim[x][cFila] != 0){
414         //setar em Liberado e limpa Fila
415         mSim[x][cLiberado] = mSim[x][cFila];
416         mSim[x][cProntos] = mSim[x][cProntos] + mSim[x][cFila];
417         mSim[x][cFila] = 0;
418     }
419     //setar na fila do FILHO (procura filho em toda tabela)
420     buscaSetaFilho(x);
421     //Setar o novo tempo
422     int max = mSim[x][cTempoPadrao] + mSim[x][cDesvPadrao];
423     int min = mSim[x][cTempoPadrao] - mSim[x][cDesvPadrao];
424     int randomNum = 0;
425     Random rand = new Random();
426     randomNum = rand.nextInt((max - min) + 1) + min;
427     mSim[x][cTempoProc] = randomNum;
428     mSim[x][cSomaTempos] = mSim[x][cSomaTempos] + mSim[x][cTempoProc];
```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

A figura 48 representa a função que busca e seta a quantidade que foi liberada de uma atividade, na atividade seguinte (“filho”). A operação faz uma pesquisa em toda a matriz, procurando o filho. Caso ache, o valor é acrescido na sua coluna “fila”. Caso o filho seja um *gateway* paralelo, e seja o *gateway* de junção, esse é adicionado também na matriz extra, que faz o monitoramento de cada caminho que o processo levou.

Figura 48 - função de buscar a próxima atividade

```

349
350     public void buscaSetaFilho(int x){
351         Boolean pesquisaFilho=true;
352         int lFilho = x + 1;
353         while (pesquisaFilho){
354             if(lFilho == countQtdLinhas){
355                 lFilho = 0;
356             }
357             //se a atividade do próximo for igual ao filho desse, seta na sua fila
358             if ((mSim[lFilho][cTarefaID] == mSim[x][cFilho]) && (mSim[lFilho][cIrmao] == 0)){
359                 mSim[lFilho][cFila] = mSim[lFilho][cFila] + mSim[x][cLiberado];
360                 //mostra em qual caminho ele está, se estiver dentro de um Paralelo
361                 mSim[lFilho][cCaminhoParalelo] = mSim[x][cCaminhoParalelo];
362
363                 if (mSim[lFilho][cEhJuntado] == 1){
364                     for (int y=0; y<mParalelos.length; y++){
365                         if ((mParalelos[y][1] == mSim[lFilho][cCaminhoParalelo])){
366                             //seta os valores direto na mParalelos, pois analisa de onde veio
367                             mParalelos[y][2] = mParalelos[y][2] + mSim[x][cLiberado];
368                         }
369                     }
370                 }
371                 mSim[x][cLiberado] = 0;

```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

- Normal/ invocação de aplicativo/ e-mail/ transação/ sub-processo/ script/ sinal:

Como descrito no item anterior, só na atividade “início” o tempo de execução conta o tempo até poder acrescentar mais dados e, nos restantes, serve para definir o tempo que um dado ficará na coluna “executando”. A execução parcial pode ser acompanhada na figura 49, onde os comentários mostram a lógica que ele segue.

Figura 49 - tipo:normal/ invocação de aplicativo/ transação/ sub-processo/outros

```

438 //TAREFA
439 else if (tarefaTipo == 1 || tarefaTipo == 3 || tarefaTipo == 4 || tarefaTipo == 10 || tarefaTipo == 11 ||
440         tarefaTipo == 12 || tarefaTipo == 13){
441     //se o tempo acabou
442     if (mSim[x][cTempoProc] == 0){
443         //se tem algum executando, seta em Liberado e na Fila do Filho
444         if (mSim[x][cExecut] != 0){
445             mSim[x][cExecut] = 0;
446             mSim[x][cLiberado] = 1;
447             mSim[x][cProntos] = mSim[x][cProntos] + 1;
448             //setar na fila do FILHO (procura filho em toda tabela)
449             buscaSetaFilho(x);
450         }
451         //se ele é o principal (quando ele é único, ou tem mais de um funcionario)
452         if (mSim[x][cIrmao] == 0){
453             //se tem na fila
454             if (mSim[x][cFila] != 0){
455                 mSim[x][cExecut] = 1;
456                 mSim[x][cTempoAtivo]++;
457                 mSim[x][cFila]--;
458                 mSim[x][cUltimoFila]--;
459             }
460             //se não tem na fila
461             else{
462                 mSim[x][cTempoParado]++;
463             }
464         }
465         //se ele é um irmão
466         else{
467             int linhaIrmao = mSim[x][cIrmao];
468             mSim[x][cCaminhoParalelo] = mSim[linhaIrmao][cCaminhoParalelo];
469             //se o irmão dele tem na fila
470             if (mSim[linhaIrmao][cFila] != 0){
471                 mSim[x][cExecut] = 1;
472                 mSim[x][cTempoAtivo]++;
473                 mSim[linhaIrmao][cFila]--;

```

Fonte: Autor - desenvolvimento no Netbeans

Um ponto importante a ser frisado é referente à duplicação das atividades quando essas tem mais de um funcionário: uma análise verifica se a atividade é a principal, porque quando a duplicação da atividade é feita, uma coluna chamada “irmão” é preenchida em todas as duplicadas, referenciando ali qual é a atividade principal. Dessa forma, caso ele seja uma duplicada, essa não analisa sua própria coluna “fila”, mas sim na “fila” do seu “irmão”, garantindo assim integridade nos dados entrados em cada atividade e mostrando efetivamente a fila que uma atividade tem e o tempo ocioso dos funcionários. Só isso que a atividade duplicada tem de diferente. O restante dos campos é tratado e calculado da mesma forma que os outros.

Outro ponto é que, sempre que o “filho”, para qualquer tipo de atividade, for do tipo *gateway* paralelo, e tiver a função de juntar os caminhos, ao setar os dados na sua fila, estes também são setados na matriz auxiliar dela, onde tem dividido a quantidade por caminho chegado.

- *Gateway* exclusivo e inclusivo

Inicialmente, ao chegar em uma atividade com esse tipo de *gateway*, é feita uma pesquisa na matriz toda para saber quantos caminhos ele possui. Da mesma forma que as atividades do item anterior, que são duplicadas quando há mais de um funcionário, essas atividades também são duplicadas para cada saída que possuem. Esse conceito de duplicidade nos *gateway* já é utilizada no sistema SAS-BPM da Interact, por isso foi decidido continuar a utilizar assim, principalmente por sua forma simples de manipulação.

Então, tendo todos os caminhos definidos, é buscado em cada um o seu percentual de utilização. Dessa forma, para cada dado existente na coluna “fila”, é criado um valor randômico para ver em qual caminho cada dado se enquadra, conforme configuração de percentual. Após definir o caminho, o valor é setado na coluna “liberado” desse novo. Observando que os *gateway* não possuem tempo de processamento, não necessitando passar pela coluna “executando”.

- *Gateway* paralelo:

Da mesma forma que os outros *gateway*, a atividade também é duplicada para cada caminho que tiver. Com isso, quando há dados na “fila” de um deles, todos os caminhos são pesquisados na matriz e as quantidades da “fila” inseridos igualmente para cada um na coluna “liberado” (caso seja de função inicial, de dividir em mais trajetos). Então executará sua função de procurar o seu filho, quando tiver dados na coluna “liberado”. Para análise dos “liberados”, caso sua função seja de “juntar” os caminhos paralelos, este analisará os dados na matriz auxiliar, onde tem-se salvo, para cada caminho, a quantidade que chegou. Assim só passará para o seu “filho” apenas no momento em que tiverem chegado no mínimo um dado de cada caminho.

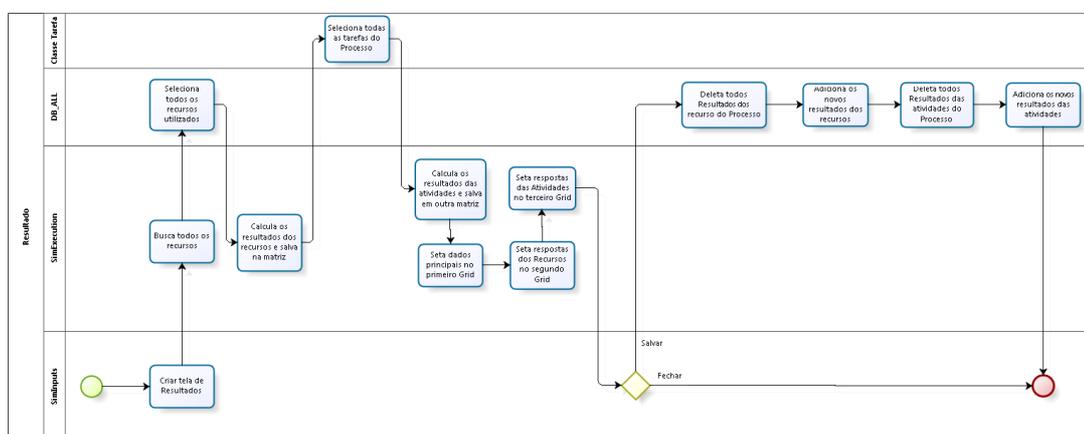
- Fim e Fim terminal

Para estes tipos de atividade, única coisa que é feita é incrementar o valor da coluna “prontos” com o valor que está na coluna “fila”.

Após passar cada minuto de execução, o grid de visualização da simulação é atualizado. Dessa forma, caso a execução seja passo-a-passo, pode-se ver o desenrolar do processo. Com a simulação terminada, analisa-se os resultados, a partir do botão "resultados".

4.3.5 Resultado

Figura 50 - Fluxo de resultado



Fonte: Autor - criado no *software* Bizagi

Para iniciar, todos os recursos são guardados em uma matriz e junto é calculado o total de linhas que a matriz de resultados das atividades deve ter, pois além do total de atividades que o objeto de atividades tem, precisa ser acrescido da quantidade de funcionário, pois são duplicadas para cada funcionário. Cria-se então duas matrizes: de recursos e de atividades.

A execução percorre todo o objeto de atividades. Os dados padrões, que não necessitam cálculos, e alguns dados que se pode obter da matriz de simulação já vão sendo lançados na matriz de atividades. Como já citado, a execução é toda feita em minutos, mas como seta-se os custos dos recursos por hora, em alguns pontos divide-se o tempo por 60, para cálculos de custo.

Por não haver os custos individuais de cada imobilizado da atividade salvos na execução, uma busca na base de dados se faz necessária, assim tendo também os dados para posteriores cálculos. Como uma atividade só pode ter um tipo de funcionário, o custo dele já é salvo junto no objeto da atividade, facilitando a sua utilização.

A matriz de simulação é bem parecida com o objeto de atividades, no quesito da listagem das atividades. Ou seja, ela possui todas as atividades que o objeto possui, na mesma sequência, apenas com linhas a mais para cada funcionário que a atividades tiver. Por esse motivo, a pesquisa segue dentro do objeto e, caso a atividade possua funcionários, um *loop* passará todos as linhas da matriz de simulação que possuírem a mesma atividade, afim de buscar e juntar os dados de todos os seus funcionários. Os resultados vão sendo adicionados nas matrizes de resultados das atividades e recursos.

Como já citado, a lista de imobilizados utilizados não está junto no objeto de atividades, então, após a inclusão de todos os funcionários na matriz de recursos, os imobilizados são calculados e adicionados nela também.

Os dados principais do processo, que são inseridos na primeira tabela na exibição dos resultados, são buscados diretamente na tela. Assim finaliza-se o processo de geração dos resultados, inserindo então os valores nos seus respectivos *grids* e tornando a janela visível.

Com a janela agora aberta, após a análise, é possível fazer duas coisas, uma é fechar a janela e outra é salvar no banco de dados esses resultados.

Ao clicar em salvar os resultados, o que se sucede é a exclusão de resultados que sejam desse processo e que tenham o mesmo cenário no banco de dados (só é permitido salvar

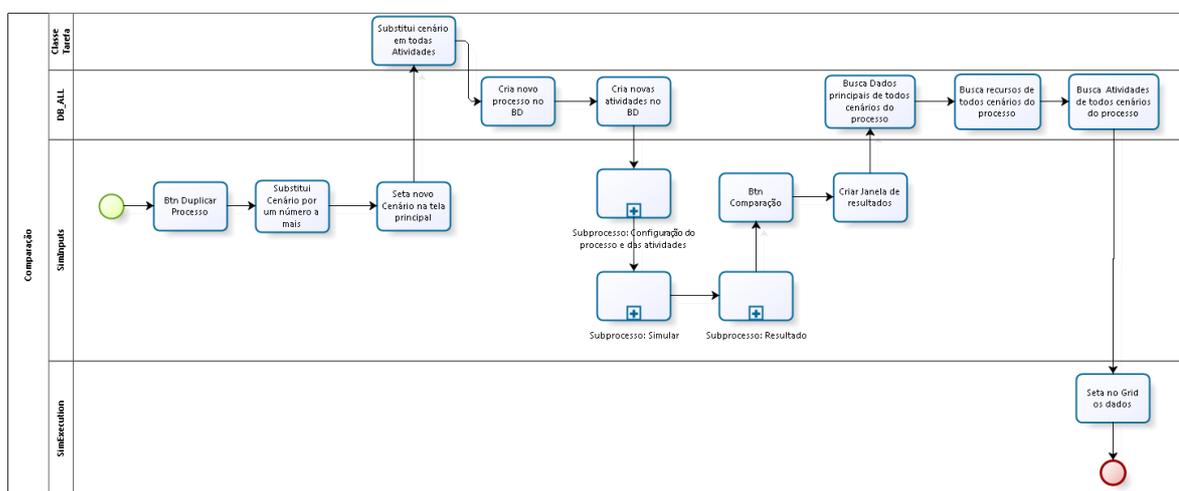
um resultado por cenário do processo), então os novos dados são salvos. Isso vale tanto para os recursos quanto para as atividades, já que se tem duas tabelas no banco de dados para isso.

Após salvar e fechar a janela dos resultados, uma nova opção é agora permitida: duplicar o processo (criar um novo cenário) para fazer comparações.

4.3.6 Comparação

A figura 51 mostra o fluxo desde a duplicação até a comparação entre esses cenários.

Figura 51 - fluxo de comparação



Fonte: Autor - criado no *software* Bizagi

Clicando no botão “duplicar”, na aba superior da tela, uma busca na base de dados é feita para analisar quantos cenários o determinado processo já possui, assim gerando um sequencial novo. Como ainda se tem todos os dados salvos nos objetos e campos do primeiro cenário, o que se faz é substituir, em todo o objeto de atividades e de recursos, o cenário pelo novo sequencial gerado.

Em seguida um novo processo e novas atividades com esse cenário são gerados no banco de dados, possuindo as mesmas características do anterior. Então as matrizes e grids de exibição das simulação e resultados são todos apagados, para que novos dados possam ser inseridos. Agora o próximo passo é fazer todo o processo novamente: configurar os

parâmetros padrões que se queira ter, configurar cada atividade, salvar tudo, gerar a simulação, exibir os resultados e salvar no banco de dados.

Ao fechar novamente a janela dos resultados, o botão “comparação” estará disponível. Clicando nele, a mesma janela de resultados aparecerá, mas agora terá todos os resultados de cada cenários que o processo tiver, tendo a visualização ordenada por atividade.

Com isso, é finalizada a explicação de como o protótipo funciona. Muitas linhas de código não foram descritas por não haverem necessidade, pois são de auxílio ou não representam um grau de dificuldade que mereça seu detalhamento.

A seguir estão os estudos de caso feitos no protótipo, onde tem-se vários testes dentro do sistema e também comparações com simulações feitas em sistemas do mesmo gênero.

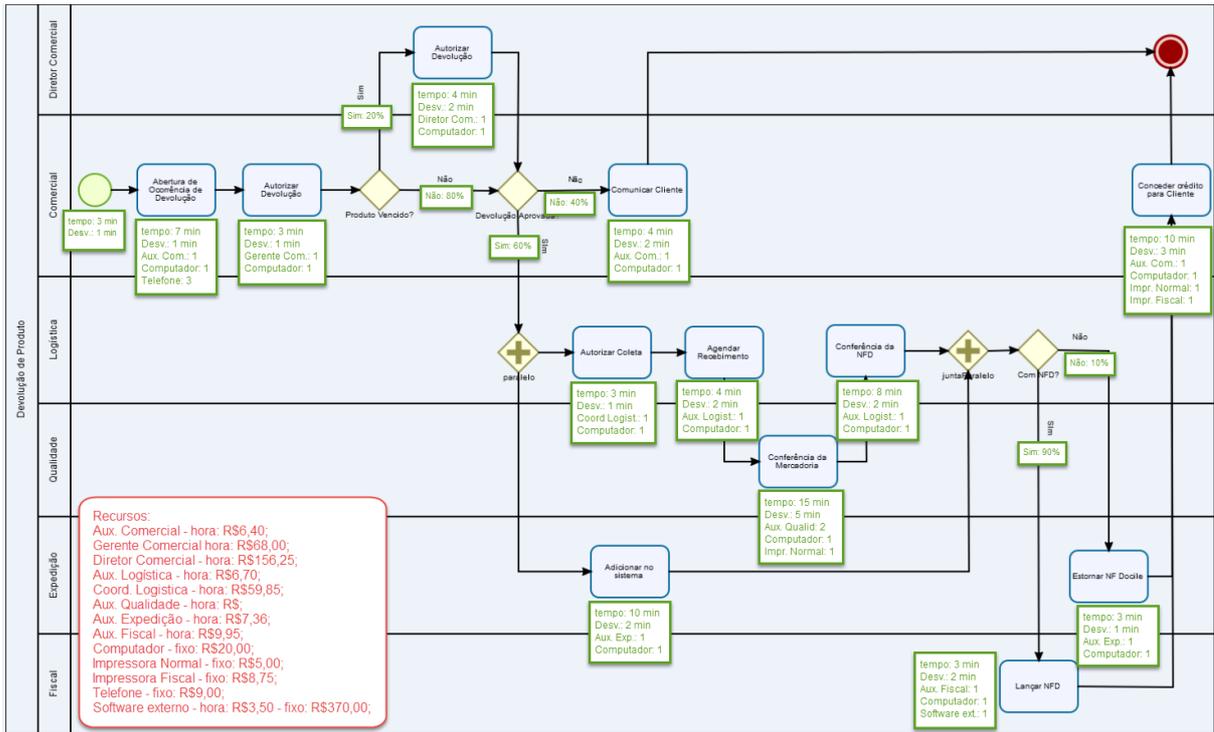
4.4 Estudo de caso

Para uma visão geral de como estão alinhados os estudos dos casos neste tópico, primeiro tem-se o modelo de processo utilizado nos testes. Na segunda parte há os testes individuais, onde o processo foi executado três vezes com as mesmas configurações, podendo assim analisar suas diferenças, pelo fato de poderem apresentar caminhos diferentes e tempos diferentes. Na terceira parte o processo é executado apenas uma vez, mas agora a simulação é feita por tempo de execução e a quantidade de entradas simultâneas é modificada. A última parte tem o objetivo de simular o processo em outros dois sistemas de simulação computacional diferentes, fazendo assim uma análise sobre os resultados e suas diferenças.

4.4.1 Processo utilizado

O processo utilizado para os estudos de caso é representado na figura 52, onde se tem as descrições dos parâmetros utilizados em cada atividade (nos quadros com bordas e escritas verdes) e também os recursos utilizados no processos (quadros com bordas e escritas vermelhas) com seus respectivos custos. Ele representa um processo complexo, tendo vários *gateway* com decisões de percursos e configurações variadas, podendo assim testar diferentes reações e analisar seus resultados.

Figura 52 - Processo 1: Devolução de produto (teste total)



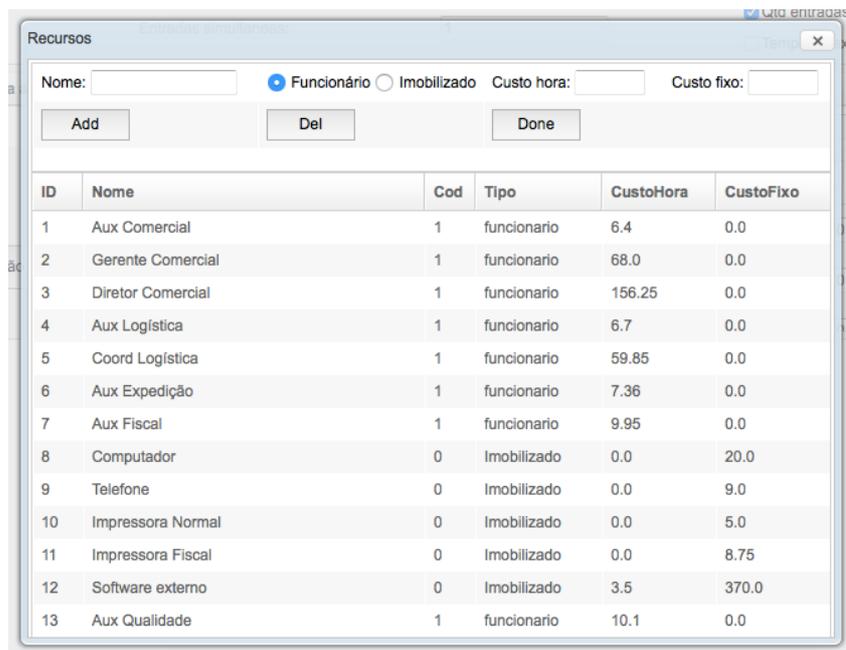
Fonte: Autor - criado no *software* SAS-BPM

4.4.2 Simulação individual

O objetivo da simulação nesse tópico é executar o processo e analisar seus resultados. Para um teste mais preciso e analítico, optou-se por executar o processo três vezes, podendo assim analisar a comparação entre os caminhos tomados, cálculos de custo e tempo executado. A funcionalidade de comparação foi utilizada para agrupar esses resultados, diferenciados por cenários, e mostrar de uma forma clara e fácil seus valores.

Para todas as simulações, as configurações de cada atividade permaneceram as mesmas, da forma descrita na figura 52. A figura 53 mostra os recursos inseridos na simulação com seus custos fixos e por hora.

Figura 53 - Simulação individual: recursos utilizados



ID	Nome	Cod	Tipo	CustoHora	CustoFixo
1	Aux Comercial	1	funcionario	6.4	0.0
2	Gerente Comercial	1	funcionario	68.0	0.0
3	Diretor Comercial	1	funcionario	156.25	0.0
4	Aux Logística	1	funcionario	6.7	0.0
5	Coord Logística	1	funcionario	59.85	0.0
6	Aux Expedição	1	funcionario	7.36	0.0
7	Aux Fiscal	1	funcionario	9.95	0.0
8	Computador	0	Imobilizado	0.0	20.0
9	Telefone	0	Imobilizado	0.0	9.0
10	Impressora Normal	0	Imobilizado	0.0	5.0
11	Impressora Fiscal	0	Imobilizado	0.0	8.75
12	Software externo	0	Imobilizado	3.5	370.0
13	Aux Qualidade	1	funcionario	10.1	0.0

Fonte: Autor - protótipo de simulação

A parametrização geral do processo foi feita conforme demonstra a primeira tabela da parte superior da figura 54, onde em "entradas simultâneas" tem-se o valor UM e o total de entradas é igual a trinta. O cenário 1 foi duplicado duas vezes, gerando o cenário 2 e 3 com seus respectivos resultados. Depois da execução, a comparação mostrou os resultados juntos, ordenados por cenário. A figura 54 mostra um *overview* da tela.

Figura 54 - Simulação individual: *overview* dos resultados

ID	Cenário	Nome do Processo			Entradas simultâneas	Exec por Tempo	Exec por Entradas
7	1	Devolucao de produto (teste total)			1	0	30
7	2	Devolucao de produto (teste total)			1	0	30
7	3	Devolucao de produto (teste total)			1	0	30

ID	Cenário	Nome	Qtyd	Utilização	CustoHora	CustoFixo	CustoTotal	Atividade
1	1	Aux Comercial	1	79 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 32.75	Abertura de Ocorrência de Devolução
1	2	Aux Comercial	1	84 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 31.68	Abertura de Ocorrência de Devolução
1	3	Aux Comercial	1	79 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 32.64	Abertura de Ocorrência de Devolução
8	1	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Abertura de Ocorrência de Devolução
8	2	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Abertura de Ocorrência de Devolução
8	3	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Abertura de Ocorrência de Devolução

ID	Atividade	Cenário	Nome	Label	Chegaram	Completos	QtydFunc	Função	QtydImobiliz	TempoTotal	TempoMax	TempoM
0	159	1	Inicio		-	30	0	-	0	307	4	2
0	159	2	Inicio		-	30	0	-	0	297	4	2
0	159	3	Inicio		-	30	0	-	0	306	4	2
1	167	1	Abertura de Ocorrência de Devolução		30	30	1	Aux Comercial	4	307	8	6
1	167	2	Abertura de Ocorrência de Devolução		30	30	1	Aux Comercial	4	297	8	6
1	167	3	Abertura de Ocorrência de Devolução		30	30	1	Aux Comercial	4	306	8	6
2	169	1	Autorizar		30	30	1	Gerente	1	307	4	2

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Como pode-se observar na coluna “TempoTotal” da terceira tabela (“atividades”) da figura 54, o tempo total de execução foi de 307 minutos (5:06 horas). Com esse número pôde-se calcular os resultados dos recursos, levando em conta o custo hora de cada recurso. Observando que o calculo do custo é feito sobre o tempo total de execução, por entender que os custos são calculados também no período que a atividade está parada, não somente sobre o período ativo dela. A figura 55 exemplifica isso, onde tem-se a exibição separada para cada tipo de recurso (“funcionário” e “imobilizado”) em cada atividade, podendo analisar facilmente a diferença entre as utilizações em cada cenário. Os quadrados coloridos mostram à qual cenário os "funcionários" e os "imobilizados" se referem. Como já citado anteriormente, os “imobilizados” não possuem percentual de utilização, por serem de números ilimitados de quantidade e tipo em cada atividade, tornando a comparação individual inviável. Apesar de nesse exemplo cada “imobilizado” ter só a quantidade igual a 1, quando este possui mais, a quantidade aumenta e os custos são somados. Diferente dos “funcionários”, que tem para cada um o seu detalhamento separado em linhas.

Figura 55 - Simulação individual: recursos

ID	Cenário	Nome	Qtd	Utilização	CustoHora	CustoFixo	CustoTotal	Atividade
1	1	Aux Comercial	1	20 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 32.75	Comunicar Cliente
1	2	Aux Comercial	1	23 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 31.68	Comunicar Cliente
1	3	Aux Comercial	1	26 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 32.64	Comunicar Cliente
8	1	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Comunicar Cliente
8	2	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Comunicar Cliente
8	3	Computador	1	-	R\$ 0.0	R\$ 20.0	R\$ 20.00	Comunicar Cliente

Fonte: Autor - protótipo de simulação

As figuras 56 e 57 exemplificam os resultados obtidos em cada atividade de cada cenário, com algumas configurações inicialmente definidas e os cálculos obtidos. Comparando os cenários, pode-se reparar que todos os campos tiveram um desenvolver parecido, mostrando que a forma de execução faz sua tarefa da forma esperada, tendo uma tendência parecida mas não sendo iguais.

Figura 56 - Simulação individual: atividades

ID	Atividade	Cenário	Nome	Label	Chegaram	Completos	QtdFunc	Função	QtdImobiliz	TempoTotal	TempoMax	TempoM
7	172	2	Devolução Aprovada?	Sim	-	15	0	-	0	297	0	0
7	172	3	Devolução Aprovada?	Sim	-	16	0	-	0	306	0	0
8	173	1	Comunicar Cliente		13	13	1	Aux Comercial	1	307	6	2
8	173	2	Comunicar Cliente		15	15	1	Aux Comercial	1	297	6	2
8	173	3	Comunicar Cliente		14	14	1	Aux Comercial	1	306	6	2
9	174	1	Autorizar Coleta		17	17	1	Coord Logística	1	307	4	2
9	174	2	Autorizar Coleta		15	15	1	Coord Logística	1	297	4	2

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Figura 57 - Simulação individual: atividades - continuação

TempoMed	TempoMaxFila	QtdMaxFila	CustoTotalImob	CustoTotalFunc	CustoTotalRecursos	CustoMedFunc	CustoFixo	CustoTotal	Tipo
0	0	0	0.0	null	0.00	null	0.00	0.00	gateway exclusivo
0	0	0	0.0	null	0.00	null	0.00	0.00	gateway exclusivo
3.54	5	1	20.0	32.75	52.75	32.75	0.00	52.75	normal
3.47	3	1	20.0	31.68	51.68	31.68	0.00	51.68	normal
4.43	1	1	20.0	32.64	52.64	32.64	0.00	52.64	normal
3.29	0	0	20.0	306.23	326.23	306.23	0.00	326.23	normal
2.80	3	1	20.0	296.26	316.26	296.26	0.00	316.26	normal

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Com esses resultados sabe-se que a simulação faz exatamente o que o propósito do trabalho previa, mostrando os valores consistentes a partir das configurações atribuídas. A seguir será simulado o mesmo processo, apenas com alguns parâmetros diferentes, a fim de exemplificar outras funcionalidades e formas de análise dos resultados.

4.4.3 Simulação individual: outros parâmetros

Com o objetivo de mostrar a execução e os resultados obtidos quando a simulação é feita por “tempo de execução”, tem-se a figura 58 mostrando as configurações básicas e o desenrolar da execução. Além de executar por tempo, o número de entradas simultâneas também aumentou. Um funcionário foi também acrescentado na atividade “Abertura de Ocorrência de Devolução”, assim tendo resultados diferenciados. A parte interessante disso é mostrar que, quando a execução é feita em um tempo limitado, alguns dados não conseguem terminar sua execução, ficando em “fila” ou “executando”, impactando nos resultados.

A tabela “simulando” da figura 58 mostra como a execução processa os dados. Como pode-se reparar, a atividade “Abertura de Ocorrência de Devolução” possui duas linhas, uma para cada funcionário, e mesmo assim ficou com muitos dados na “fila”. Para isso atribui-se dois motivos: o primeiro é que a cada três minutos (com desvio padrão) três dados são inseridos no processo, tendo muitos dados ao mesmo tempo para o processamento; e o segundo é que o tempo de execução para cada dado dessa atividade é de sete minutos (com desvio padrão). Consegue-se ver claramente o gargalo gerado nesse ponto.

Figura 58 - Simulação individual: outros parâmetros - simulação

The screenshot shows a simulation configuration window. At the top, it displays 'Dados principais do processo' with fields for ID (7), Nome (Devolucao de produto (teste total)), and Cenário (1). Below this, there are settings for 'qtdelementos' (23) and 'Entradas simultaneas' (3). A section for 'Atividades' shows a tree view with 'Abertura de Ocorrência de Devolução' selected. The main part of the window is a 'Simulando...' table with the following data:

ID	Cod	Atividade	Filho	Timer	Fila	Executando	Liberado	Prontos	Caminho	Ativo	Parado	Fila tempo max	Fila qtd max	Tipo	Qtd Func	Irmão	Qtd Mat	Label	Tempo total
0	159	Inicio	167	1	0	0	0	138	0	0	0	0	0	Inicio	0	0	0		192
1	167	Abertura de Ocorrência de Devolução	169	5	90	1	0	24	0	189	3	189	91	normal	1	0	4		192
2	167	Abertura de Ocorrência de Devolução	169	4	0	1	0	22	0	189	3	0	0	normal	1	1	0		192
3	169	Autorizar Devolução	171	1	1	1	0	44	0	170	22	10	2	normal	1	0	1		192
4	170	Aprova Devolução	172	0	0	0	0	8	0	41	151	1	1	normal	1	0	1		192
5	171	Produto Vencido?	170	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Sim	192
6	171	Produto Vencido?	172	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Não	192
7	172	Devolução Aprovada?	173	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Não	192
8	172	Devolução Aprovada?	182	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	gateway exclusivo	0	0	0	Sim	192
9	173	Comunicar Cliente	162	4	0	1	0	15	0	76	116	1	1	normal	1	0	1		192
10	174	Autorizar Coleta	175	0	0	0	0	28	1	109	83	8	2	normal	1	0	1		192
		Agendar																	

Fonte: Autor - protótipo de simulação

As figuras 59 e 60 mostram os resultados dessa simulação, onde se tem visível os resultados da quantidade de dados que chegaram em cada atividade e as que efetivamente terminaram e foram enviadas para seus “filhos”. O percentual de utilização de cada recurso é baseado no total de tempo executado, que nesse caso foi limitado em 192 minutos.

Figura 59 - Simulação individual: outros parâmetros - resultados

The screenshot shows a 'Resultados' window. At the top, it displays summary information: ID (7), Cenário (1), Nome do Processo (Devolucao de produto (teste total)), Entradas simultaneas (3), Exec por Tempo (192), and Exec por Entradas (0). Below this is a table with columns for ID, Cenário, Nome, Qtd, Utilização, CustoHora, CustoFixo, CustoTotal, and Atividade. The main part of the window is an 'Atividades' table with the following data:

ID	Atividade	Cenário	Nome	Label	Chegaram	Completo	QtdFunc	Função	QtdImobiliz	TempoTotal	TempoMax	TempoM
0	159	1	Inicio		-	138	0	-	0	192	4	2
1	167	1	Abertura de Ocorrência de Devolução		138	46	2	Aux Comercial	4	192	8	6
2	169	1	Autorizar Devolução		46	44	1	Gerente Comercial	1	192	4	2
3	170	1	Aprova Devolução		8	8	1	Diretor Comercial	1	192	6	2
4	171	1	Produto Vencido?	Sim	-	8	0	-	0	192	0	0
5	171	1	Produto Vencido?	Não	-	36	0	-	0	192	0	0
6	172	1	Devolução	Não	-	16	0	-	0	192	0	0

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Figura 60 - Simulação individual: outros parâmetros - resultados - continuação

Atividades									
TempoMed	TempoMaxFila	QtyMaxFila	CustoTotalImob	CustoTotalFunc	CustoTotalRecursos	CustoMedFunc	CustoFixo	CustoTotal	Tipo
1	0	0	0.00		0.00		0.00	0.00	inicio
7.07	189	91	47.00	40.96	87.96	20.48	0.00	87.96	normal
2.80	10	2	20.00	217.6	237.60	217.60	0.00	237.60	normal
3.62	1	1	20.00	500.0	520.00	500.00	0.00	520.00	normal
0	0	0	0.00		0.00		0.00	0.00	gateway exclusivo
0	0	0	0.00		0.00		0.00	0.00	gateway exclusivo
0	0	0	0.00		0.00		0.00	0.00	gateway

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Essa forma de simulação, com limitação de tempo, mostra como se faz necessário uma distribuição correta de recursos, para que os gargalos diminuam, pois em muitos casos se tem prazos de entrega nos processos ou alguma forma de limite. No próximo tópico, uma análise entre mais sistemas de simulação será feita.

4.4.4 Simulação comparativa

Com o objetivo de mostrar as diferenças apresentadas entre o protótipo desenvolvido e os sistemas de simulação já existentes no mercado, o processo foi executado e analisado em outros dois *software* de simulação. Para comparar, foram criados processos semelhantes nos sistemas Bizagi e Arena. Sem o intuito de aprofundar o estudo nas formas de cálculo de cada sistema, aqui são feitas comparações pontuais dos resultados obtidos, tentando entender alguns motivos básicos para a semelhança e diferença entre os simuladores e levantar questões para otimizar o protótipo.

O modelo utilizado para essa comparação foi o mesmo dos testes anteriores, “Devolução de produto (teste total)”. As configurações de suas atividades seguem as especificações do item 5.4.1, onde há diferença, em cada sistema de simulação, apenas nas limitações de cada sistema. Por parâmetro geral entende-se que se deseja simular o total de 100 entradas, uma de cada vez (tempo entre entradas também estipulado no item 5.4.1).

No tópico seguinte são apresentados os resultados gerados para o processo no protótipo criado.

4.4.4.1 Protótipo

Os resultados foram conforme esperado, seguindo a lógica de execução. Como se vê nas figuras 61 e 62, que descrevem os resultados obtidos nele, a simulação segue a lógica de permanecer em execução até que todas as entradas estipuladas (no caso, 100) sejam completadas no processo. Com isso os resultados de tempos e custos de cada tarefa podem ser calculados e monitorados. Os itens demarcados no quadrante vermelho, na primeira tabela da figura 61, exibem parte dos recursos utilizados na atividade “Conferência de mercadoria”, onde há dois funcionários com seus percentuais de utilização e seus custos. Os imobilizados estão mais abaixo, não aparecendo na figura, sendo eles um “computador”, com custo fixo de R\$20,00, e uma “impressora normal”, com custo fixo de R\$5,00. Na segunda tabela (Atividades) da figura 61 e na figura 62, vê-se uma linha para cada atividade (atividades do tipo *gateway* são sempre separadas (em linhas) para cada caminho tomado), com seus respectivos resultados.

Figura 61 - Processo 1: protótipo

ID	Cenário	Nome do Processo	Entradas simultâneas	Exec por Tempo	Exec por Entradas
7	1	Devolucao de produto (teste total)	1	0	100

ID	Cenário	Nome	Qty	Utilização	CustoHora	CustoFixo	CustoTotal	Atividade
5	1	Coord Logística	1	23 %	R\$ 59.85	R\$ 0.0	R\$ 855.86	Autorizar Coleta
4	1	Aux Logística	1	30 %	R\$ 6.70	R\$ 0.0	R\$ 95.81	Agendar Recebimento
13	1	Aux Qualidade	1	57 %	R\$ 10.10	R\$ 0.0	R\$ 144.43	Conferência da Mercadoria
13	1	Aux Qualidade	1	41 %	R\$ 10.10	R\$ 0.0	R\$ 144.43	Conferência da Mercadoria
6	1	Aux Expedição	1	3 %	R\$ 7.36	R\$ 0.0	R\$ 105.25	Estornar NF Docile
7	1	Aux Fiscal	1	22 %	R\$ 9.95	R\$ 0.0	R\$ 142.28	Lançar NFD
1	1	Aux Comercial	1	64 %	R\$ 6.40	R\$ 0.0	R\$ 91.52	Conceder crédito para Cliente

ID	Atividade	Cenário	Nome	Label	Chegaram	Completos	QtyFunc	Função	QtyImobiliz	TempoTotal	TempoMax	TempoM
8	173	1	Comunicar Cliente		47	47	1	Aux Comercial	1	858	6	2
9	174	1	Autorizar Coleta		53	53	1	Coord Logística	1	858	4	2
10	175	1	Agendar Recebimento		53	53	1	Aux Logística	1	858	6	2
11	176	1	Conferência da Mercadoria		53	53	2	Aux Qualidade	2	858	20	10
12	178	1	Com NFD?	Não	-	7	0	-	0	858	0	0
13	178	1	Com NFD?	Sim	-	46	0	-	0	858	0	0

Fonte: Autor - protótipo de simulação

Figura 62 - Processo 1: protótipo - continuação

Atividades									
TempoMed	TempoMaxFila	QtyMaxFila	CustoTotalImob	CustoTotalFunc	CustoTotalRecursos	CustoMedFunc	CustoFixo	CustoTotal	Tipo
									exclusivo
3.94	3	1	20.0	91.52	111.52	91.52	0.00	111.52	normal
2.77	1	1	20.0	855.86	875.86	855.86	0.00	875.86	normal
3.85	1	1	20.0	95.81	115.81	95.81	0.00	115.81	normal
14.40	0	1	25.0	288.86	313.86	144.43	12.50	326.36	normal
0	0	0	0.0		0.00		0.00	0.00	gateway exclusivo
0	0	0	0.0		0.00		0.00	0.00	gateway exclusivo

Fonte: Autor - protótipo de simulação

4.4.4.2 Software Bizagi

Quando simulado o mesmo processo no sistema Bizagi, este apresentou resultados diferentes que no protótipo criado, por possuir uma forma de configuração geral e análise dos dados diferentes, em que os seus resultados são focados em períodos individuais para cada atividade, usando como base de calculo apenas o tempo ativo, não vendo os custos do processo como um todo, da forma que é feito no protótipo. Analisando os custos de cada funcionário do protótipo, caso estes fossem calculado apenas com base no tempo ativo da atividade, os resultados seriam parecidos com do Bizagi. Na figura 63 pode-se analisar os resultados de custos dos recursos.

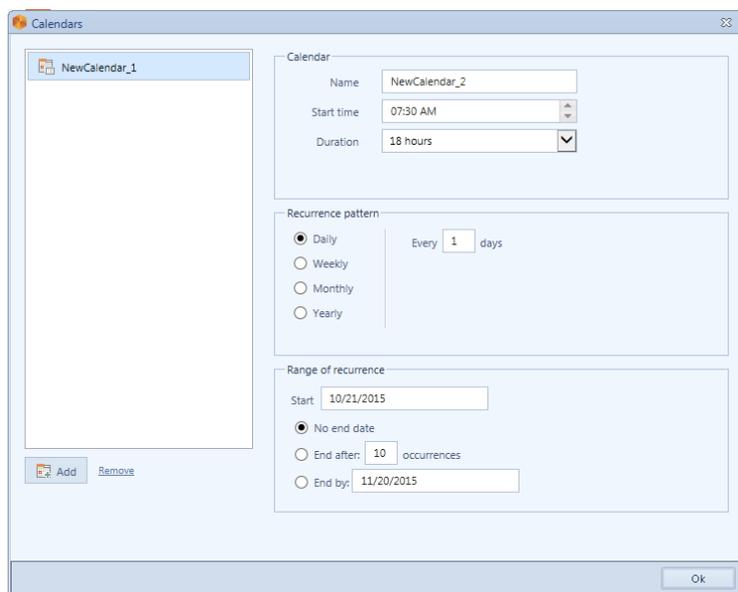
Figura 63 - Bizagi: processo 1 - recursos

Scenario information				
Name	Scenario 1			
Time unit	Minutes			
Duration	000,20:00:00			
Resource	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
Aux comercial	58,33 %	0	74,67	74,67
aux expedição	56,00 %	0	82,43	82,43
aux fiscal	5,75 %	0	11,44	11,44
aux logistica	19,00 %	0	25,46	25,46
aux logistica 2	38,00 %	0	50,92	50,92
aux qualidade	41,25 %	0	83,33	83,33
aux qualidade 2	30,00 %	0	60,6	60,6

Fonte: Autor - simulação no Bizagi

Além da forma de análise de atividades ativas, o Bizagi une essa configuração a outras definições de tempo, que foi o ponto principal para a diferença de resultados das atividades, pois utiliza o sistema de “calendários”. Essa opção representa mais efetivamente a forma que cada recurso trabalha no tempo: o horário de início no dia; a duração que se mantém em funcionamento; se é executado diariamente, por semana, mês ou ano; e em qual período do ano ele ocorre (quando começa e termina). A figura 64 mostra a configuração do calendário.

Figura 64 - Bizagi: configuração do calendário



Fonte: Autor - simulação no Bizagi

Uma configuração diferente que do protótipo também foi feita: não se encontrou a opção para adicionar desvio padrão, assim usando só os tempos fixos. Mesmo assim, o Bizagi possui uma funcionalidade mais avançada, mas não foi utilizada, permitindo inserir "gráficos de execução" para controlar o tempo em cada atividade, onde pode-se ter diferenças de tempo durante o período de execução, dependendo da “onda” escolhida do gráfico.

Apesar da atividade comparada ter seu tempo total parecido com o gerado a partir do protótipo, pode-se analisar, conforme figuras 65 e 66, como as outras atividades diferem, algumas vezes muito, no tempo. Por exemplo, o tempo total de execução do processo é de mais de 17 dias, enquanto no protótipo é de 14:18 horas apenas. Não se descobriu ao certo o motivo da simulação tão prolongada, apesar de as configurações gerais e o calendário serem definidos de forma a estar mais parecido com o protótipo.

Figura 65 - Bizagi: processo 1 - atividades

Simulation Results

Resources: Devolução de produto (teste Total)

Scenario information: Scenario 1, Time unit: Minutes, Duration: 000,20:00:00

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time
Conferencia da mercadoria	Task	57	57	15m	21m	15m 47s
Devolução de produto (teste Total)	Process	100	100	15m	7h 39m	4h 36s
Conceder crédito para cliente	Task	57	57	10m	10m	10m
Adicionar no sistema	Task	57	57	10m	43m	23m 21s
Conferencia da NFD	Task	57	57	8m	14m	9m 9s
Abertura de ocorrência de devolução	Task	100	100	7m	6h 43m	3h 25m

Buttons: Export to Excel, Print

Fonte: Autor - simulação no Bizagi

Figura 66 - Bizagi: processo 1 - atividades - continuação

Simulation Results

Resources: Devolução de produto (teste Total)

Total time	Min. time waiting resource	Max. time waiting resource	Avg. time waiting for resource	Standard deviation waiting resources	Total time waiting resource	Total fixed cost
15h	0	6m	47s	1m 34s	45m	0
17d 13h 39m					14d 19h 10m	0
9h 30m	0	0	0	0	0	0
22h 11m	0	33m	13m 21s	10m 37s	12h 41m	0
8h 42m	0	6m	1m 9s	1m 38s	1h 6m	0
14d 5h 40m	0	6h 36m	3h 18m	1h 55m 27s	13d 18h	0

Buttons: Export to Excel, Print

Fonte: Autor - simulação no Bizagi

Como o foco do trabalho não é estudar especificamente a forma que os outros sistemas fazem cada calculo, pôde-se entender que o sistema trata as situações de análises de forma diferente, tendo em ambos os sistemas uma visão realista dos custos dos recursos, mas em ângulos diferentes.

4.4.4.3 Software Arena

Da mesma forma que no Bizagi, algumas configurações padrões e formas de especificar as atividades foram feitas de forma diferente que no protótipo. Interessante a parte de inclusão de custos, que, para cada recurso pode-se definir custos diferentes para quando o recurso está ativo, parado ou em uso. É a união entre o formato utilizado pelo Bizagi, com custos calculados apenas na sua utilização, e o Protótipo, sobre o tempo total.

Na representação do processo, para as atividades, pôde-se utilizar tempos fixos com desvio padrão incluso. Os “imobilizados” não foram inclusos no processo, pois não se viu necessidade para a comparação. No Arena, o termo “atividade” é tratado como “processo”. Na figura 67 pode-se ver os resultados de tempo de cada atividade mas, infelizmente, o relatório sai com os nomes cortados, onde todos começaram com a descrição “processo de...”. O que se pode analisar, no topo da figura, é o tempo total de execução. O Arena executou todo o processo em 16:31 horas e o protótipo em 14:18 horas, vendo nisso a primeira semelhança.

Figura 67 - Arena: processo 1 - atividades

Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	991,31	Time Units:	Minutes
Process Detail Summary							
Time per Entity							
	<u>Total Time</u>	<u>VA Time</u>	<u>Wait Time</u>				
processo de	202,16	6,99	195,16				
processo de	17,50	9,72	7,78				
processo de	3,84	3,82	0,02				
processo de	3,04	3,02	0,02				
processo de	2,94	2,94	0,00				
processo de	4,15	4,15	0,00				
processo de	4,03	3,99	0,03				
processo de	10,27	10,19	0,08				
processo de	8,01	8,01	0,00				
processo de	153,23	14,69	138,53				
processo de	3,00	3,00	0,00				
processo de	3,05	3,05	0,00				
Accumulated Time							
	<u>Total Time</u>	<u>VA Time</u>	<u>Wait Time</u>				
processo de	20.215,67	699,45	19.516,22				
processo de	1.137,72	631,89	505,83				

Fonte: Autor - simulação no Arena

Como a representação na figura 67 não é legível, por não se identificar qual atividade é referenciada em cada linha, servindo assim apenas para mostrar a forma geral de relatório e

os tempos totais, a figura 68 mostra em detalhes os tempos e custos da atividade “processo de conferência de mercadoria”, que é a mesma analisada no protótipo e no Bizagi.

Nos resultados, vê-se que o tempo médio (“*VA Time Per Entity*”) ficou parecido com o do protótipo. Os custos não se pareceram, tendo diferença no formato de análise, onde ele faz o calculo individual por tempo ativo e parado. Mesmo que estes valores sejam somados, fica muito a cima dos resultados do protótipo..

Figura 68 - Arena: processo 1 - análise de uma atividades

processo de conferencia de mercadoria				
Time per Entity	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Total Time Per Entity	153.23	(Insufficient)	17.4747	267.79
Wait Time Per Entity	138.53	(Insufficient)	0	253.04
VA Time Per Entity	14.6946	(Insufficient)	10.3935	18.1519
Accumulated Time	Value			
Accum VA Time	955.15			
Accum Wait Time	9,004.64			
Total Accum Time	9,959.79			
Cost per Entity	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Total Cost Per Entity	4.9472	(Insufficient)	3.4991	6.1111
Wait Cost Per Entity	0	(Insufficient)	0	0
VA Cost Per Entity	4.9472	(Insufficient)	3.4991	6.1111
Accumulated Cost	Value			
Accum VA Cost	321.57			
Accum Wait Cost	0			
Total Accum Cost	321.57			
Other	Value			
Number In	65			
Number Out	65			

Fonte: Autor - simulação no Arena

A utilização dos recursos pode ser analisada na figura 69, onde vê-se os custos de todos eles, em especial aos recursos “aux de qualidade” e “aux de qualidade 2”, mostrando os custos ativos e parados, sendo eles somados para comparar com os resultados do protótipo, que, como citado, são diferentes.

Figura 69 - Arena: processo 1 - recursos

Resource Detail Summary

Usage

	<u>Inst Util</u>	<u>Num Busy</u>	<u>Num Sched</u>	<u>Num Seized</u>	<u>Sched Util</u>
aux comercial	0,71	0,71	1,00	100,00	0,71
aux comercial	0,14	0,14	1,00	35,00	0,14
aux comercial	0,67	0,67	1,00	65,00	0,67
aux de	0,53	0,53	1,00	65,00	0,53
aux de	0,48	0,96	2,00	65,00	0,48
aux de	0,96	0,96	1,00	65,00	0,96
aux expedicao	0,64	0,64	1,00	65,00	0,64
aux expedicao	0,03	0,03	1,00	9,00	0,03
aux fiscal	0,17	0,17	1,00	56,00	0,17
aux logistica	0,25	0,25	1,00	65,00	0,25
coordenador	0,20	0,20	1,00	65,00	0,20
diretor	0,08	0,08	1,00	20,00	0,08
gerente	0,30	0,30	1,00	100,00	0,30

Cost

	<u>Busy Cost</u>	<u>Idle Cost</u>	<u>Usage Cost</u>
aux comercial	74.61	31.13	0.00
aux comercial 2	14.91	90.83	0.00
aux comercial 3	70.66	35.08	0.00
aux de logistica 2	58.17	52.53	0.00
aux de qualidade	160.78	172.96	0.00
aux de qualidade 2	160.78	6.09	0.00
aux expedicao	77.51	44.09	0.00
aux expedicao 2	3.31	118.29	0.00
aux fiscal	28.34	136.06	0.00
aux logistica	27.71	82.99	0.00
coordenador de	195.95	792.89	0.00
diretor comercial	216.20	2365.35	0.00
gerente comercial	333.18	790.31	0.00

Fonte: Autor - simulação no Arena

Analisando os dados de uma forma geral, percebe-se que em alguns pontos os sistemas se assemelham e em outros distinguem, tendo tempos parecidos de execução total e individual da atividade e diferenças nos custos. A forma de representar os custos dos recursos por tempo “ocupado”, “parado” e “em uso” mostra outra forma interessante de parametrização, sendo a melhor entre os três sistemas analisados, por entender que com ele se pode gerir a atividade da forma que melhor convém. A diferença nos custos pode estar ligado a forma que estes foram configurados, tendo reações diferentes.

4.5 Considerações sobre o estudo de caso

Os estudos individuais do protótipo mostraram que todos os recursos desenvolvidos para a obtenção dos resultados de simulações são consistentes com o propósito do trabalho. Pode-se gerar resultados efetivos, mostrando o comportamento de execuções simples, comparativas, por quantidade de entradas, por tempo limite de execução, com várias entradas simultâneas e com parametrizações de atividades diferenciadas em tempo, custos e recursos.

Pôde-se analisar resultados e mostrar que o protótipo efetivamente auxilia a gestão dos processos, tendo como resultado tanto informações básicas como complexas, para um detalhamento aprofundado em cada atividade. Como exemplo tem-se a análise de gastos e gargalos desnecessários nas atividades, pelo detalhamento individual de tempo de cada recurso do tipo “funcionário” e quantidade de fila gerada, com seu tempo máximo de espera.

A comparação entre os simuladores foi ótima para mostrar que há formas diferentes de execução e análise dos processos, tendo como objetivo apontar algumas melhorias que o protótipo pode evoluir em trabalhos futuros.

Uma parte importante que o protótipo e o Arena possuem, que não se encontrou no simulador do Bizagi, é o detalhamento dos custos de cada atividade, onde tem-se todos os custos associados à ela de uma forma clara e simples. O Bizagi mostra, para os resultados das atividades, apenas os resumos de tempo.

Um detalhe interessante que o Bizagi e o Arena possuem é que, quando um atributo é definido mais de uma vez na atividade, este considera que todos os atributos trabalharão conjuntamente para a solução de cada dado que entrou na atividade. Diferente do caso do protótipo, onde cada recurso (do tipo “funcionário”) executa um dado por vez. Um exemplo simples dessa boa aplicação é a simulação de uma mesa de cirurgia, onde pode-se ter dois médicos atendendo o mesmo paciente.

Apesar de o protótipo ter uma lógica de cálculo dos recursos baseada no tempo total de execução, visto que o tempo ocioso também é “pago”, o cálculo de custo por tempo de utilização de cada recurso, de forma opcional feita no Bizagi e Arena, é realmente interessantes e útil, visto que, em algumas situações, como do médico atendendo o paciente, o recurso pode ser “pago” apenas quando este está executando sua tarefa. Uma integração entre esses dois tipos de análise seria uma forma otimizada para o protótipo, tendo uma opção a

mais, dizendo se o custo de cada recurso é por “hora trabalhada” ou “período total do processo”.

O formato de “calendários” que o Bizagi utiliza para os tempos dos recursos é algo que define mais fielmente como os processos funcionam em situações reais. Esse formato foi estudado para o protótipo mas, como abrange muitos detalhes, a incorporação disso, nesse momento, não seria viável por limite de tempo de desenvolvimento. Por isso optou-se por focar a simulação em períodos fixos com desvio padrão.

Outro estudo feito inicialmente, que também não foi incorporado por ser de grande complexidade e demandar muito tempo, foi de definir o tempo de processamento de cada atividade pelo formato de “gráficos”, onde o período de execução varia conforme o tipo da onda (distribuição normal, triangular, beta, gamma, entre outros). Ambos os sistemas Bizagi e Arena possuem essa funcionalidade.

A comparação foi, sem sombra de dúvidas, a melhor análise durante as simulações do protótipo pois, apesar de o trabalho criado ter seus resultados baseados em informações construtivas, com poder de análises reais, os sistemas terceiros mostraram que há mais formas de análise que, se assim desenvolvidas em propostas futuras e integradas ao protótipo, podem enriquecer muito o trabalho.

5 BIBLIOMETRIA

Interessante é saber a quantidade e de que forma o assunto do trabalho é tratado pelos pesquisadores ao redor do mundo. Para isso fez-se a pesquisa bibliométrica sobre as áreas de *Business Process Management* e *Simulation Software*, inicialmente de forma individual e depois com ambas definições em conjunto. Esse desenvolvimento foi proposto na base de dados *Scopus*.

A bibliometria é uma técnica que pesquisa em diversas fontes de conhecimento todos os trabalhos relacionados com os assuntos que se queira focar (IBEIRO, 2012). A base testada possui filtros abrangentes que auxiliam nos tipos de pesquisas, podendo fazer escolhas bem detalhadas para os resultados.

Com a bibliometria, pode-se obter informações através da análise de palavras chaves, período das publicações, mensuração da relevância acadêmica dos periódicos, países que mais publicam sobre um determinado assunto, evolução na quantidade de publicações, enfim, através da bibliometria é possível obter maiores informações acerca do tema em estudo (STORCH, 2015. p. 4).

Conforme Scopus (2015), a base de dados *Scopus* é a maior base de dados de resumos e citações de jornais científicos, livros e anais de conferências do mundo, tendo produções de pesquisas do mundo todo sobre ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanitárias.

Nos tópicos a seguir serão apresentadas as pesquisas realizadas e seus resultados, primeiro com os termos de uma forma individual e depois em conjunto, comparando resultados e observando as diferenças. A análise é feita no período de 2005 à 2015 com algumas especificações de filtros, conforme serão descritas nos próximos tópicos.

5.1 Termo *Business Process Management*

Nessa seção são apresentados os resultados da busca na base *Scopus* para a palavra-chave *Business Process Management*. Conforme observa-se na tabela 2, foram usados alguns filtros para que os resultados seguissem os conceitos relacionados com o trabalho em questão.

Tabela 2 - Configuração da pesquisa

Palavra-chave: <i>Business Process Management</i>
Área de pesquisa: <i>Social Sciences & Humanities</i>
Anos de publicação: 2005 à 2015
Tipo de documento: artigo
Quantidade de artigos: 8.377

Fonte. Autor

Conforme tabela 2, foram encontrados 8.377 artigos sobre o assunto. Desse resultado, na tabela 3, tem-se a divisão do total das publicações conforme o ano, sendo 2013 o pico de publicações.

Tabela 3 - Publicações por ano

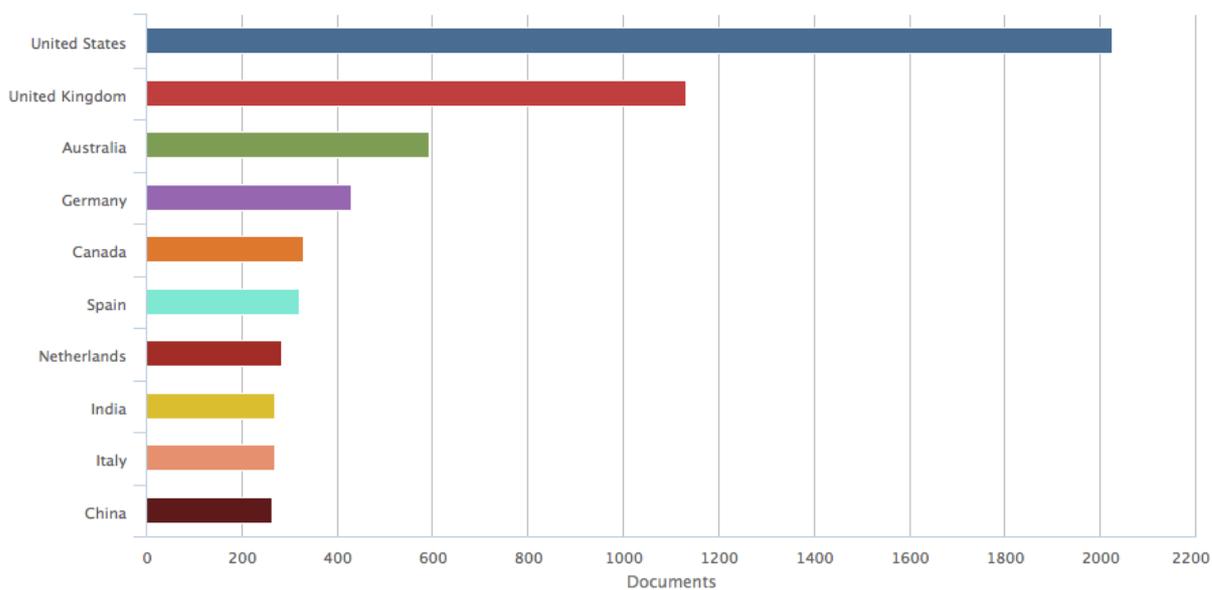
Ano	Quantidade de publicações
2015	244
2014	911
2013	1041
2012	894
2011	929
2010	874
2009	883
2008	838
2007	711
2006	618
2005	434

Fonte: adaptado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Analisando novamente o período total, mas agora por país, os EUA estão em primeiro lugar, com 2.026 publicações, seguidos pelo Reino Unido, com 1.132. Foram analisados 15

territórios, ficando o Brasil em decimo quarto lugar, com 207 publicações em dez anos. A figura 26 mostra os 10 primeiro colocados no ranking.

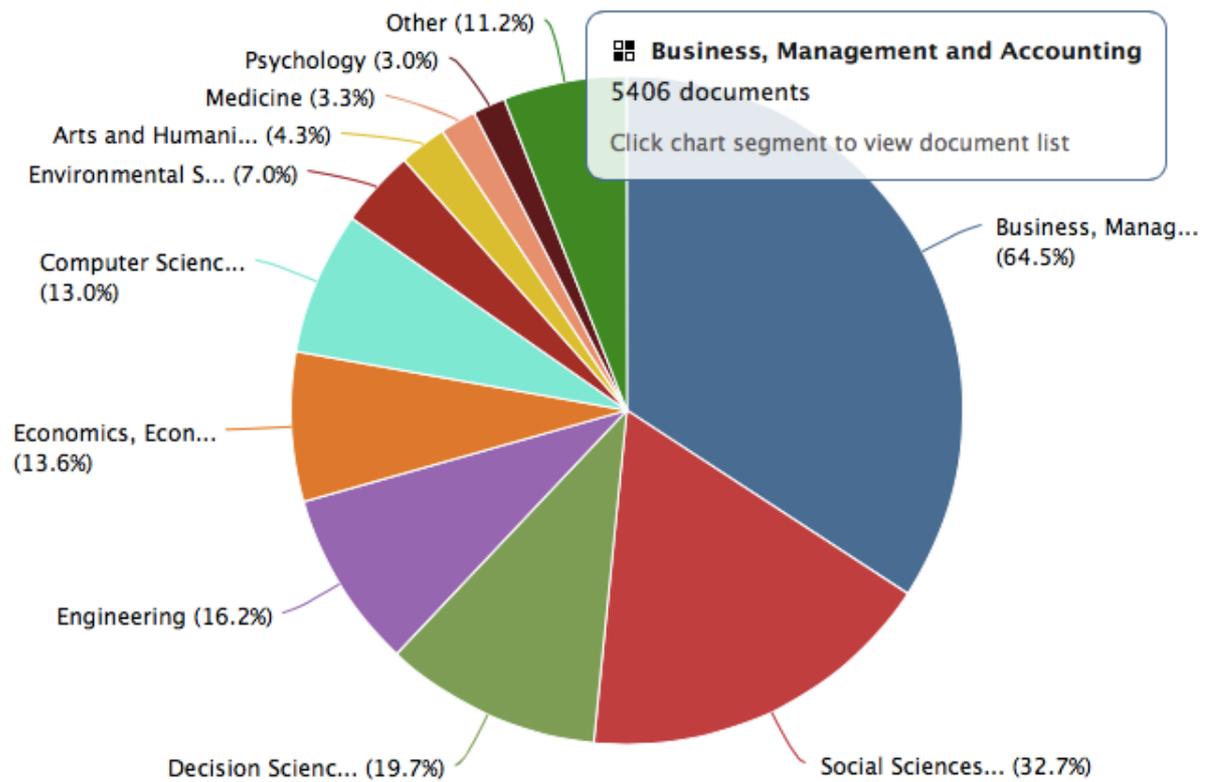
Figura 70 - Publicações por país



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Sobre a área de pesquisa, conforme tabela 2, a pesquisa foi desenvolvida na área de ciências sociais e humanas, tendo suas subdivisões, conforme figura 27, mostrando que 64,5% das publicações foram sobre negócios, gestão e contabilidade.

Figura 71 - Resultados por área de pesquisa



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

5.2 Termo *Simulation software*

Da mesma forma que o item 8.1, a pesquisa na base de dados *Scopus* foi feita levando em consideração alguns filtros, que são apresentados na tabela 4, usando a palavra-chave *Simulation software*.

Tabela 4 - Configuração das pesquisas

Palavra-chave: <i>Simulation Software</i>
Área de pesquisa: <i>Social Sciences & Humanities</i>
Anos de publicação: 2005 à 2015
Tipo de documento: artigo
Quantidade de artigos: 4.487

Fonte. Autor

A divisão por ano mostra que esse termo duplicou a quantidade de publicações nesses dez anos, mas também mostra que, nos últimos 5 anos, a média manteve-se com poucas variações. A tabela 4 mostra isso.

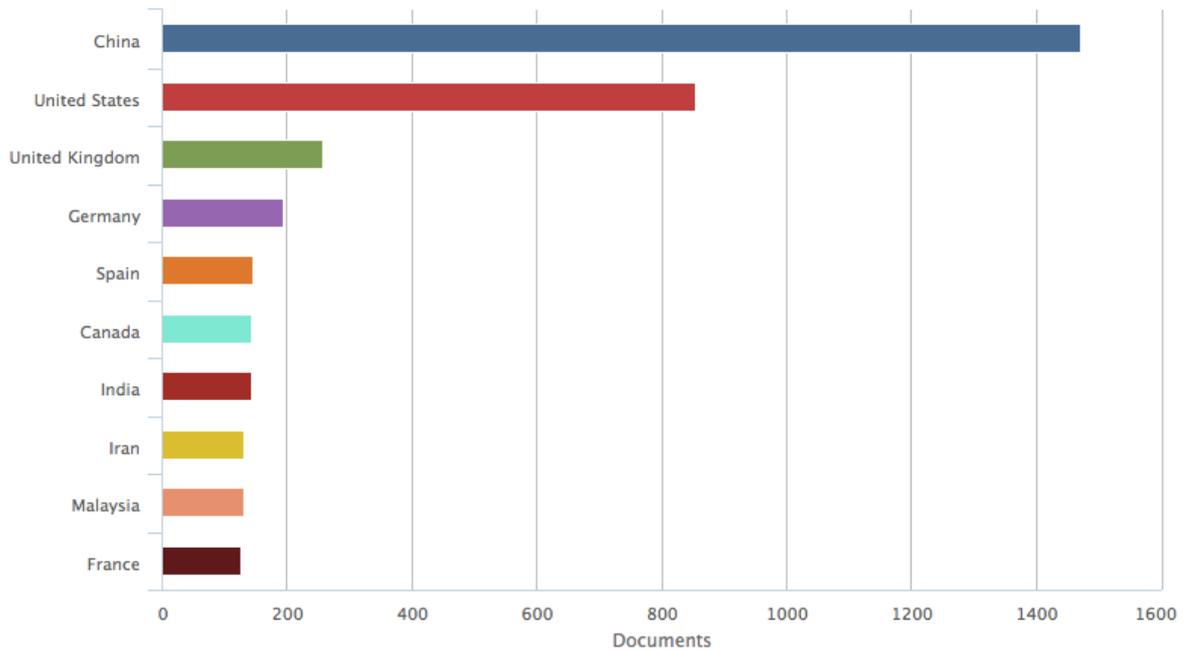
Tabela 5 - Publicações por ano

Ano	Quantidade de publicações
2015	<u>164</u>
2014	<u>531</u>
2013	<u>545</u>
2012	<u>540</u>
2011	<u>518</u>
2010	<u>439</u>
2009	<u>437</u>
2008	<u>412</u>
2007	<u>320</u>
2006	<u>332</u>
2005	<u>249</u>

Fonte: adaptado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Sobre o assunto de sistemas de simulação, a China está disparada na frente, em questão de publicações nessa área, com um total de 1.471 publicações, seguida pelos EUA com 855 publicações. O Brasil ficou novamente em décimo quarto lugar, com 87 publicações.

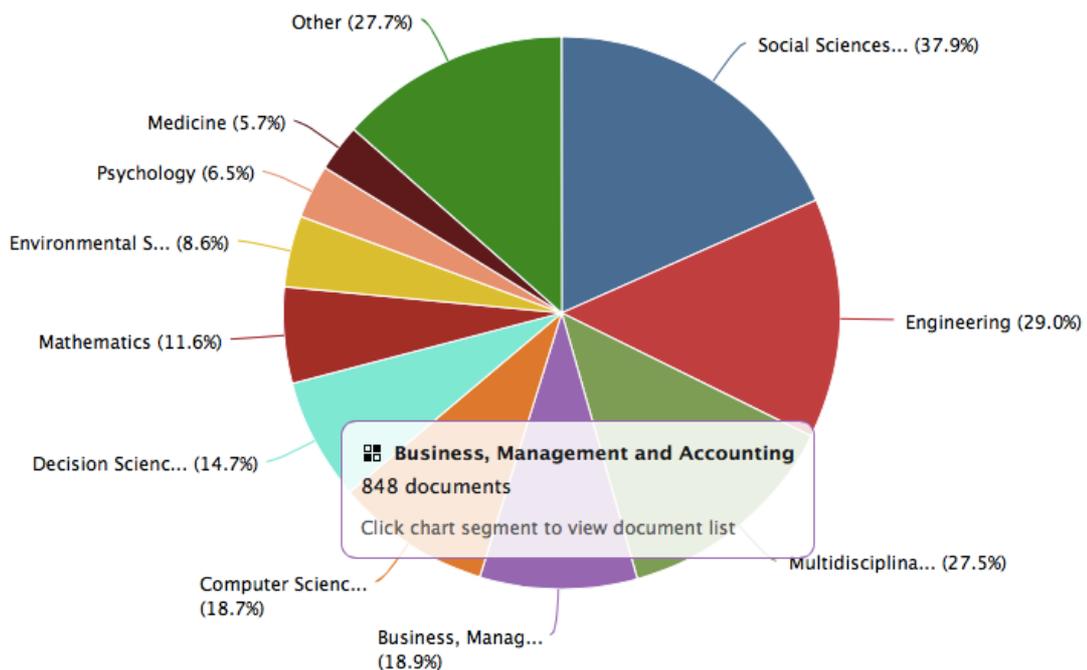
Figura 72 - Publicações por país



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodiocos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Como a pesquisa foi realizada apenas sobre o tema ciências sociais e humanitárias, a distribuição dos resultados de publicações ficou mais dividida entre as sub-áreas, conforme mostra a figura 29.

Figura 73 - Resultados por área de pesquisa



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodiocos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

5.3 *Business Process Management & Simulation Software*

Fez-se então a pesquisa com ambos os termos em conjunto, assim tendo uma ligação mais forte com o que é proposto nesse trabalho. A tabela 6 mostra que os mesmos filtros foram usados, apenas com as palavras chaves em conjunto.

Tabela 6 - Configuração das pesquisas

Palavra-chave: Business Process Management & Simulation Software
Área de pesquisa: <i>Social Sciences & Humanities</i>
Anos de publicação: 2005 à 2015
Tipo de documento: artigo
Quantidade de artigos: 35

Fonte. Autor

Como resultado, mostrou-se bem baixa a quantidade de pesquisas e publicações nessa área, onde de total foram encontradas apenas 35 referências. A tabela 7 mostra a pequena procura distribuída nos 10 anos de pesquisa.

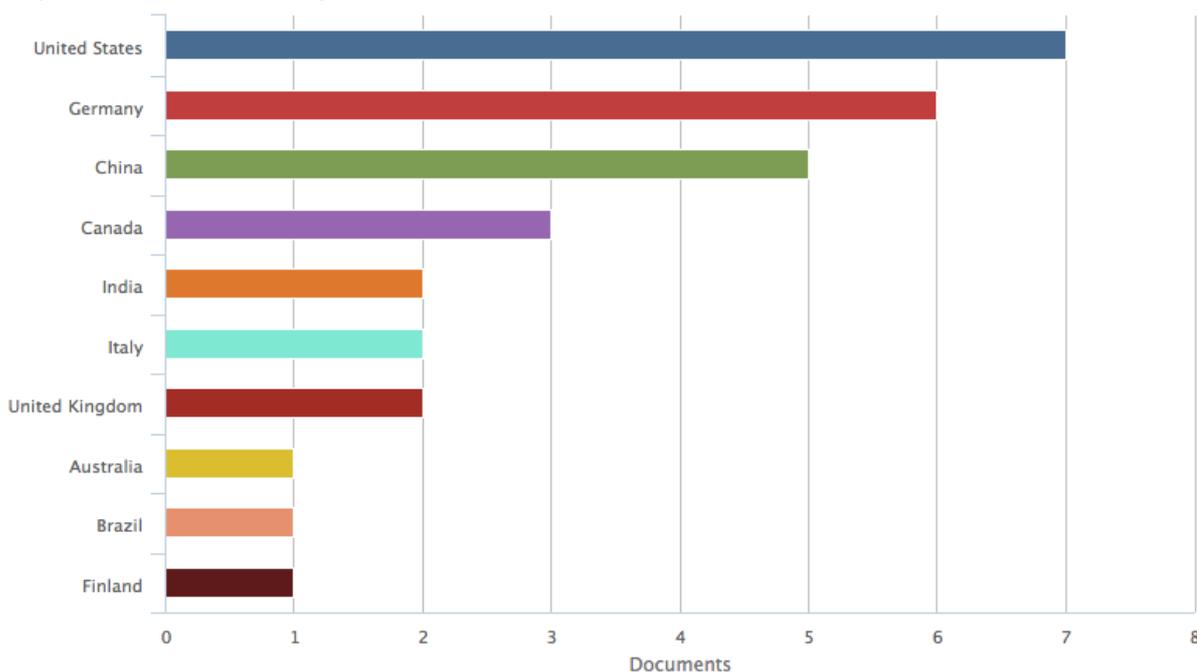
Tabela 7 - Publicações por ano

Ano	Quantidade de publicações
2015	<u>2</u>
2014	<u>1</u>
2013	<u>5</u>
2012	<u>5</u>
2011	<u>4</u>
2010	<u>2</u>
2009	<u>5</u>
2008	<u>5</u>
2007	<u>2</u>
2006	<u>3</u>
2005	<u>1</u>

Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodiocos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Independente da quantidade, os países que estavam à frente nas pesquisas individuais, continuam no topo em numero de publicações, conforme figura 30. Os EUA tiveram, durante os dez anos, sete artigos publicados. A Alemanha, em segundo, tem seis publicações. O Brasil, com uma publicação, ocupa a nona posição.

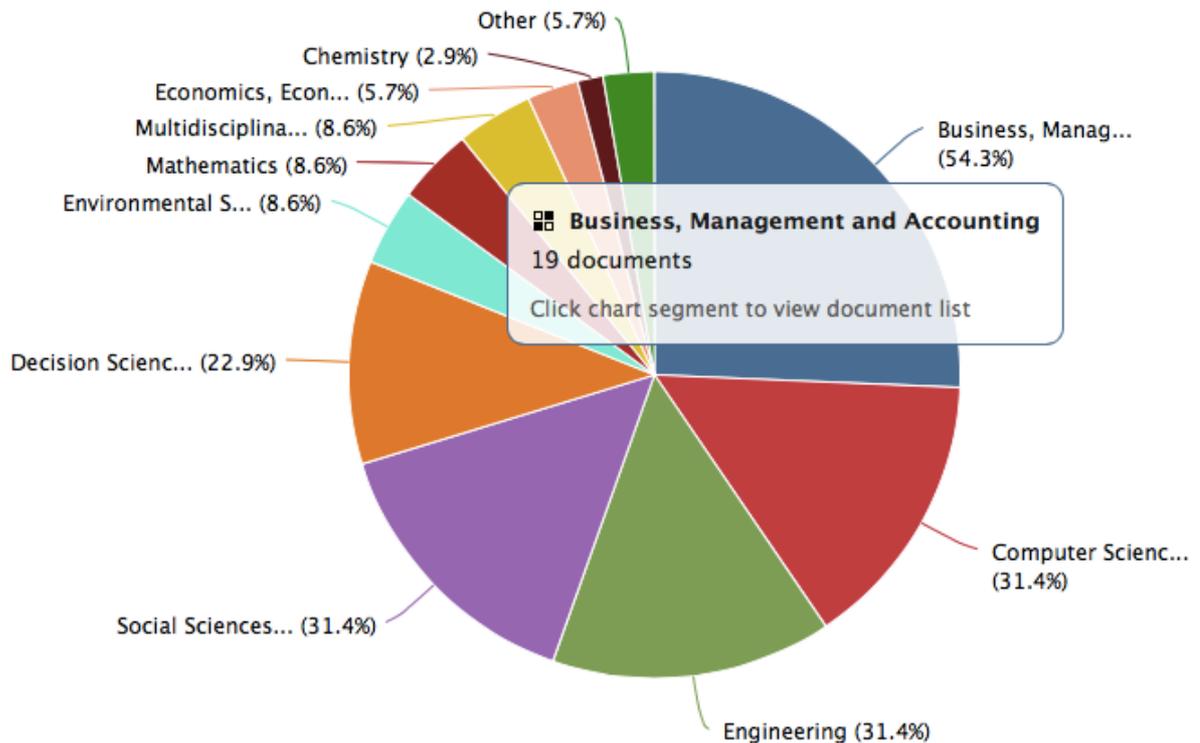
Figura 74 - Publicações por país.



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Sobre a distribuição dos assuntos, dentro da área de ciências sociais e humanitárias, a distribuição também é ampla, tendo foco grande, como nas individuais também, em Negócios, gestão e finanças, conforme exibido na figura 31.

Figura 75 - Resultados por área de pesquisa



Fonte: elaborado a partir do site: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 21/05/2015

Com esses resultados, vê-se que a bibliografia tem sua importância para saber a quantas andam as pesquisas sobre determinadas áreas em torno do mundo. Apesar de haver um aumento de publicações em ambos os termos, conforme mostrado anteriormente, “ área científica ainda carece de pesquisas relacionadas aos dois termos em conjuntos. Isso abre novas possibilidades de área de pesquisa, pois a simulação em processos de negócios é uma forma de otimizar os processos, principalmente em questões de risco e gastos, pois poderá prever acontecimentos antes de efetuar as modificações ou iniciar novas pesquisas, sendo assim de grande valia.

6 CONCLUSÃO

Tendo necessidades de controle e otimização sem a perda de qualidade, os sistemas de simulação ligados à gestão de processos de negócio podem ser vistos como auxiliares para o planejamento estratégico e a criação de processos de forma mais otimizada e consistente possível, tendo resultados simulados próximos da realidade e podendo interpretar gargalos antes mesmo de serem aplicadas efetivamente, diminuindo assim possíveis retrabalhos.

Por meio de pesquisas relacionadas, entende-se que a utilização dos simuladores em sistemas BPM são diferenciais competitivo, visto sua capacidade estratégica frente à novas modelagens e otimizações possíveis. Por isso buscou-se a criação de um protótipo que tenha as funções mínimas para a análise de dados, demonstrando a eficiência de integrar uma ferramenta como essa na gestão de processos.

O desafio para o desenvolvimento deste trabalho foi grande, principalmente pela sua abrangência e complexidade. Felizmente os objetivos foram alcançados. Pôde-se utilizar todas as suas funcionalidades e os dados apresentados se mostraram consistentes e importantes perante a análise de processos.

Conseguiu-se criar uma forma de simulação simples, por meio de matrizes, em um trabalho dito complexo pela sua abrangência e variada opção de criação de processos. Dessa forma consegue-se ter uma visão detalhada e um entendimento abrangente dos percursos e da lógica de execução, quando está sendo executada passo-a-passo.

No desenvolvimento do sistema, pode-se destacar como partes principais durante a simulação a forma de interpretação e controle de atividades que possuam mais de um funcionário, onde se tem a análise individual de cada um deles, mostrando os gargalos de gastos. Outro destaque fica para o controle de filas, monitorando a quantidade e o tempo que dados ficam nela.

Nos resultados das simulações, o foco fica pelo cálculo de custo que tanto cada atividade quanto cada funcionário possuem e pelo tempo de execução das atividades. É mostrado uma gama de informações que foram calculadas na simulação ou a partir dela, auxiliando na tomada de decisão dos gestores, como por exemplo os custos totais de cada atividade.

Durante o desenvolvimento do protótipo, algumas barreiras se opuseram ao bom seguimento do trabalho, principalmente se tratando do *framework* utilizado. Na programação, há funcionalidades que não puderam ser desenvolvidas por não se encontrar meios para isso. Como exemplo disso, pode-se citar o principal problema encontrado, que é quando uma janela, que está aberta, é fechada (tanto a de resultados quanto de recursos). Após fechar, ela não permite mais ser reaberta, causando um erro de *script*. Outro problema foi na seleção de um recurso já inserido na janela de recursos, onde pretendia-se criar a opção de excluir um recurso selecionado, mas não se conseguiu buscar a linha clicada para a captura dos dados. Pode ser que a reparação destes detalhes seja mais simples que se imagina, mas até o momento da entrega do trabalho ainda não haviam sido corrigidos. Felizmente, os problemas encontrados não influenciaram nas simulações e nos resultados, apenas na facilidade de utilização.

O trabalho teve seus objetivos principais alcançados, apesar de algumas funcionalidades que se cogitou desenvolver junto não puderem ser concretizadas. Elas foram tiradas do escopo desde o início do desenvolvimento, por se entender que sua complexidade era muito alta para a finalização no tempo objetivado. Felizmente pode-se utilizar essas funcionalidades incorporadas ao protótipo em trabalhos futuros. Para isso, pretende-se, abaixo, deixar algumas informações sobre o que seria interessante para a continuidade do trabalho:

- Calendário: como mostrado e explicado nos testes com os simuladores terceiros, essa funcionalidade auxilia para expressar o funcionamento de cada recurso durante o processo. Integrar isso ao protótipo pode gerar detalhes mais precisos, pois assim tem-se de forma mais íntegra como cada recurso trabalha durante períodos de tempo (hora, dia, semana, mês, ano, etc).
- Gráfico de tempo: também auxiliando o detalhamento, os gráficos de tempo fazem com que, por exemplo, os tempos de execução de cada atividade varie, seguindo a “onda” do gráfico, entrando mais dados ou menos dados conforme seu formato.
- Otimização de recursos: Essa funcionalidade permite juntar recursos para trabalharem em conjunto no mesmo dado e também associar mais de um tipo de funcionário à mesma tarefa. Com isso pode-se simular grupos de pessoas

trabalhando para o mesmo objetivo, onde se tem o custo individual, custo do grupo e tempo de utilização iguais.

O desenvolvimento do protótipo fez muitos detalhes serem entendidos e incorporados durante o período de programação, principalmente pelo motivo de que é alta a complexidade do que realmente é importante e interessante para a gestão de processos, no quesito de simulação, pois quanto mais se entende sobre gestão, mais estudos e formas de análise podem ser incorporados. Para o meio científico, fica exposta a abrangência exploratória que esse assunto possui, tanto por parte da bibliometria quanto pela análise de todas possibilidades futuras que o protótipo proporcionou para novos estudos e trabalhos.

7 REFERÊNCIAS

1. AGNES, C.; HELFER, I. *Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos*. 9. ed. atualizada. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2009.
2. BIZAGI. *FAQ*. Disponível em: <<http://help.bizagi.com/processmodeler/en/index.html?faq.htm>>. Acesso em: 25 de abril 2015.
3. _____. *General FAQ*. Disponível em: <http://help.bizagi.com/processmodeler/en/index.html?general_faqs.htm>. Acesso em: 25 de abril 2015.
4. _____. Quick reference guide. Disponível em: <https://www.bizagi.com/docs/BPMN_Quick_Reference_Guide_ENG.pdf>. Acesso em: 25 de abril 2015
5. _____. *Simulation*. Disponível em: <<http://help.bizagi.com/processmodeler/en/index.html?simulation.htm>>. Acesso em: 25 de abril 2015.
6. _____. *Bizagi Modeler. Simulation Explained*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ys4t0Az'jQM&index=5&list=PL-6mNeLaDVHC6Vw6UTQbfMieAJ_O6LAWs>. Acesso em: 05 de Maio 2015.
7. BOECK, Leonardo. *Benchmarking entre ferramentas BPM*. Trabalho de conclusão de curso (curso de Ciência da Computação) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil, 2011.
8. BPMSF. *Catálogo BPM SE - SoftExpert*. Disponível em: <<http://www.softexpert.com.br/gestao-processos-negocio.php>>. Acesso em: 12 de Abril 2015.
9. CAPOTE, Gart. *Guia para Formação de Analistas de Processos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Gart Capote, 2011
10. CAPOTE Gart. *BPM Para Todos - Uma visão geral abrangente, objetiva e esclarecedora sobre gerenciamento de processos de negócio*. 1. ed. Rio de Janeiro: Gart Capote, 2012.
11. CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos - Teoria & Aplicação*. 3. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2010.
12. COSTA, F. M. D. *Construção de modelo de simulação de sistema puxado de produção para melhorias de eficiência*. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2011.
13. CRUZ, T. *BPM & BPMS: Business Process Management & Business Process Management*. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.
14. FREITAS FILHO, Paul. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas - com aplicações em Arena*. Florianópolis: Visual Books Ltda, 2001.
15. GESTAOSF. *Produtos por necessidade de negócio*. Disponível em: <<http://www.softexpert.com.br/gestoes.php>>. Acesso em: 09 de Maio 2015.
16. INTERACT. *A- Business Process Management*. Disponível em: <http://www.interact.com.br/pt/products/prd_bpm.jsp>. Acesso em: 20 de Maio 2015.
17. _____. Interact Solutions define Filosofia Corporativa a ser seguida nos próximos anos. Disponível em: <<http://www.interact.com.br/pt/newsletter/topic.jsp?e=103&t=1>>. Acesso em: 18 de Abril 2015.
18. MARCONE, J. F. S. *Apostila ARENA*. Disponível em: <www.decom.ufop.br/marcone/ Disciplinas/Logistica/>. Acesso em: 21 de Abril 2015.

19. MIRANDA, Juliano C. *O software ARENA*. Disponível em: <http://www.cienciadacomputacao.unis.edu.br/files/2010/10/013_Arena.pdf>. Acesso em: 10 de Maio 2015. 2006.
20. NEWSINTERACT. *Por que BPM é mais importante do que nunca hoje em dia para sua empresa?*. Disponível em: <<http://www.interact.com.br/pt/newsletter/topic.jsp?e=76&t=3>>. Acesso em: 9 de Maio 2015.
21. OMG. *Object Management Group. Business Process Model and Notation. 2003*. Disponível em: <<http://www.bpmn.org>>. Acesso em: 12 de Maio 2015
22. REPOSITARIO. Disponível em: <<https://bpmsincronicity.wordpress.com>>. Acesso em: 05 de Abril 2015.
23. RIBEIRO, H. C. M. *Brazilian Business Review: Um estudo sob a ótica da bibliometria e da rede social de 2004 a 2011*. Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade, vol. 2, Iss: 3, p. 86, 2012.
24. ROCKWELL. *Arena User's Guide*. Estados Unidos da América: Rockwell Software Inc. 2005.
25. SANTOS, C. F. H. dos.; FROZZA, R.; MOLZ, K. W. *Técnica de raciocínio baseado em casos aplicada ao gerenciamento de processos de negócio*. Santa Cruz do Sul, 2013.
26. SCHIF 2010
27. SCHWINGEL, Iasmine. *Interact automatiza processos com SA-BPM*. Disponível em: <<http://www.interact.com.br/pt/newsletter/topic.jsp?e=98&t=3>>. Acesso em: 01 de Abril 2015.
28. _____. *SA-Business Process Manager: Entenda as funcionalidades do SA-BPM e porque ele é fundamental para o sucesso do seu negócio*. Disponível em: <<http://www.interact.com.br/pt/newsletter/topic.jsp?e=80&t=2>>. Acesso em: 01 de Abril 2015.
29. SCOPUS. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 21 de maio de 2015.
30. SOFTEXPERT. *Empresa*. Disponível em: <<http://www.softexpert.com.br/empresa.php>>. Acesso em: 20 de Abril 2015.
31. STORCH, C. R. R et. al. *Estudo bibliométrico envolvendo gestão de processos e métodos multicritérios*. Artigo (Programa de pós-graduação em Sistemas e Processos Industriais) Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.