



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

Relatórios Técnicos
do Departamento de Informática Aplicada
da UNIRIO
n° 0003/2009

Metodologias e Ferramentas para Simulação de Processos

Bruno Pinho
Claudia Cappelli
Leonardo Lima
Licia Nascimento
Pedro Senna
Rafael Paim

Departamento de Informática Aplicada

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Av. Pasteur, 458, Urca - CEP 22290-240
RIO DE JANEIRO – BRASIL

Projeto de Pesquisa

Grupos de Pesquisa Participantes



Patrocínio



PETROBRAS

Metodologias e Ferramentas para Simulação de Processos *

Bruno Pinho¹, Claudia Cappelli², Leonardo Lima¹, Licia Nascimento², Pedro Senna¹, Rafael Paim¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ)

²NP2Tec – Núcleo de Pesquisa e Práticas em Tecnologia – Depto de Informática Aplicada – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

brunor.pinho@gmail.com, claudia.cappelli@uniriotec.br, llima@cefet-rj.br,
licia.nascimento@uniriotec.br, pedro.senna.geos@gmail.com, rafaelpaim@cefet-rj.br

Abstract. This paper presents the study on methodologies and tools for Simulation of Processes accomplished in Petrobras and analyzing the tool Aris Business Simulator in two fictitious cases and one real case.

Keywords: simulation, business process modeling, process simulation, process simulation tools, methods for process simulation.

Resumo. Este artigo apresenta o estudo sobre metodologias e ferramentas para Simulação de Processos realizado na Petrobras e analisando a ferramenta Aris Business Simulator em dois casos fictícios e um caso real.

Palavras-chave: simulação, modelagem de processos de negócios, simulação de processos, ferramentas de simulação de processos, métodos para simulação de processos.

* (Trabalho patrocinado pela Petrobras).

Sumário

1	Introdução	7
1.1	Relevância do Projeto de Pesquisa	7
1.2	Objetivos	8
1.3	Método de Trabalho do Projeto	8
2	Metodologia de Pesquisa	9
2.1	Etapa 1 – Revisão bibliográfica	9
2.2	Etapa 2 – Aplicação da Ferramenta em Estudo de Caso da Literatura e análise comparada	10
2.3	Etapa 3 – Exploração de Atributos de Avaliação da Ferramenta	10
2.4	Etapa 4 – Análises de Casos Reais e Definição de Árvore de Competências	10
2.5	Etapa 5 – Avaliação da Ferramenta	10
3	Quadro Conceitual - Modelagem e Simulação de Processos	12
3.1	Modelagem de Processos	12
3.2	Simulação de Processos de Negócios	13
3.3	Modelagem de Processos para Simulação	15
4	Método de Simulação de Processos	17
4.1	Histórico de Métodos de Simulação	17
4.2	O Método Desenvolvido no Projeto	17
5	Ferramentas	19
5.1	Ferramentas de Modelagem de Processos	19
5.2	Ferramentas de Simulação	21
5.3	ARIS Business Simulator – IDS Scheer	22
5.4	ARENA Simulation - Rockwell	23
5.5	ALBPM - Oracle	24
5.6	Como utilizar as Ferramentas	25
6	Estudos de Caso	26
6.1	Caso Conceitual	26
6.1.1	Definição do Problema	26
6.1.2	Modelos e Dados de Entrada	26
6.1.3	Medidas de Desempenho	28
6.1.4	Resultados e Conclusões	28
6.2	Caso Metalprop	29
6.2.1	Definição do Problema	29
6.2.2	Medidas de desempenho	30
6.2.3	Modelos e Dados de Entrada	30
6.2.4	O Desenvolvimento do Caso no ARENA	34
6.2.5	Resultados e Conclusões	36
6.2.6	Comparação de Resultados nos Dois Softwares	42
7	Avaliação da Ferramenta ARIS Simulator	45
7.1	Critérios	45

7.2	Avaliações	49
7.3	Método Utilizado	51
7.4	Pontos fortes e fracos do ARIS Simulator	51
7.4.1	Pontos Fortes	52
7.4.2	Pontos fracos	52
7.5	Recomendações de uso	55
8	Conclusões	57
8.1	Considerações gerais	57
8.2	Conclusões gerais do projeto	57
8.3	Conclusões específicas do projeto	57
8.4	Conclusões específicas da ferramenta	58
8.5	O método desenvolvido	58
8.6	Necessidade de software de apoio para ferramenta	58
8.7	Aumento da utilização de recursos	60
8.8	Recomendações de estudos futuros	60
	Referências Bibliográficas	62
	Glossário	64
	Anexo I – Revisão Sistemática	65
	Anexo II – Método de Simulação modelagem realizada no Aris	71
	Anexo III – Árvore de Competências	105
	Anexo IV – Planilha de Tratamento Estatístico do Aris Business Simulator	111

1 Introdução

O presente trabalho tem como tema central a simulação de processos. O projeto teve início dentro do contexto de um Termo de Cooperação estabelecido entre a Petrobras e a UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro e foi desenvolvido em parceria entre os grupos de pesquisa NP2Tec/UNIRIO e GEOS/CEFET-RJ.

O projeto buscou definir os principais conceitos de simulação de processos e sistemas, assim como apresentar métodos, técnicas e ferramentas para aprimorar a gestão de processos, através do uso de simulação de processos. A simulação de processos permite ao gestor testar alternativas em um modelo teórico antes de realizar sua aplicação na prática, poupando à organização dos custos do insucesso no emprego de políticas e práticas não aderentes às necessidades e oportunidades da organização.

Neste capítulo é apresentada a relevância do projeto realizado, sua expansão já prevista, bem como os objetivos, a estrutura do relatório e o método de trabalho do projeto.

1.1 Relevância do Projeto de Pesquisa

O trabalho tem relevância para a Petrobras, para o NP2Tec/UNIRIO e GEOS/CEFET-RJ e para a sociedade brasileira.

A Petrobras é beneficiada pelo projeto, uma vez que este contribui para o avanço das práticas de gestão da organização. Este avanço faz parte de uma trajetória de melhoria e maturidade em gestão de processos com a conseqüente geração de resultados para seu negócio. A iniciativa se mostrou necessária depois da consolidação de conhecimentos e competências em modelagem de processos. Atualmente, a área de Gestão da Informação de Exploração & Produção (E&P) da Petrobras tem empreendido esforços para promover iniciativas centradas na melhoria dos processos, visto que a empresa tem consolidado conhecimentos sobre modelagem de processos e vem se preocupando com a melhoria e a gestão destes processos modelados. A Figura 1 esquematiza a simulação como um passo na trajetória da modelagem para melhoria de processos e, ainda, indica que o desafio seguinte será a implantação de processos já melhorados.

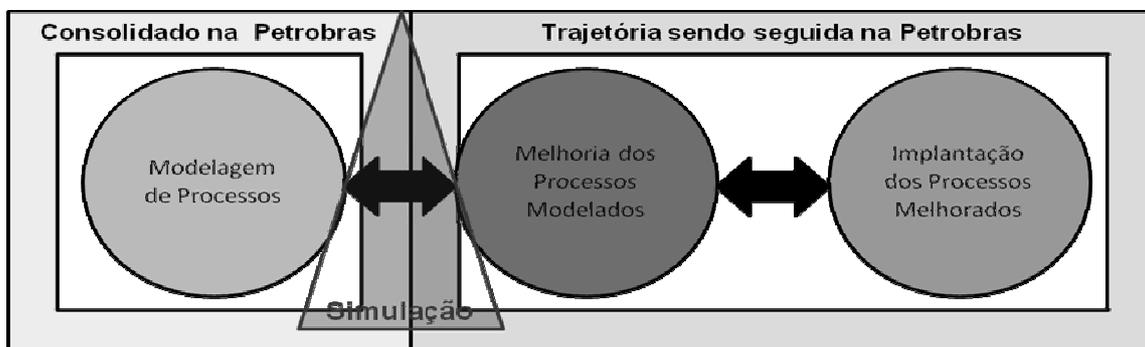


Figura 1 – Trajetória Petrobras na Gestão de Processos

O projeto tem relevância para o NP2Tec/UNIRIO e GEOS/CEFET-RJ, uma vez que estes grupos de pesquisa passam a potencializar suas competências em simulação,

assim como, têm a possibilidade de pesquisar e desenvolver um tema que ajuda a resolver problemas reais no contexto empresarial brasileiro.

Para a sociedade brasileira, a relevância está no fato do projeto permitir que seja disponibilizado conhecimento em simulação de processos para a melhoria da indústria nacional, o que, por sua vez, resulta em melhoria da competitividade do país e, assim, na capacidade de geração de riqueza, renda, empregos e bem estar social.

1.2 Objetivos

Baseado na trajetória da gestão de processos apresentada anteriormente (vide Figura 1), o projeto de pesquisa realizado, em síntese, teve como principal objetivo contribuir para a construção do conhecimento sobre o uso de técnicas e ferramentas de simulação de processos, bem como estudar, especificamente, o software ARIS Business Simulator como ferramenta de tomada de decisão, identificar limites e potenciais desta ferramenta e aplicar a ferramenta em estudos de casos práticos.

Dentro deste escopo são apresentados, de forma detalhada, os objetivos específicos:

- Contribuir para a construção do conhecimento sobre o uso de técnicas e ferramentas de simulação de processos;
- Buscar e analisar os principais conceitos de simulação e seu relacionamento com modelagem de processos de negócio;
- Definir um método de simulação a partir da literatura pesquisada, indicando técnicas para levantamento e modelagem de processos com vistas à simulação, assim como para coleta de dados;
- Buscar e testar ferramentas já consagradas pelo mercado para criação de um referencial de comparação;
- Adquirir conhecimento sobre a ferramenta Aris Business Simulator;
- Avaliar a forma de funcionamento, limites e potenciais da Ferramenta ARIS Business Simulator em casos didáticos (retirados da literatura) e práticos (reais da Petrobras e de outras organizações);
- Criar manual operacional do ARIS Business Simulator;
- Registrar os resultados obtidos nos testes realizados propiciando à Petrobras análise para tomada de decisão quanto à da forma de uso, divulgação dos benefícios e integração com outras soluções de simulação de processos.

1.3 Método de Trabalho do Projeto

O método de trabalho utilizado no projeto teve seis macro-etapas, sendo estas:

- Identificação de definições conceituais em modelagem e simulação de processos, ferramentas de simulação de processos e métodos de simulação de processos;
- Análise da ferramenta ARIS Business Simulator;
- Apresentação do funcionamento da ferramenta ARIS Business Simulator;
- Aplicação em três casos na ferramenta ARIS Business Simulator;
- Avaliação dos limites e aplicações da ferramenta ARIS Business Simulator;
- Elaboração do relatório, artigo e manual com método e instruções de uso da ferramenta ARIS Business Simulator.

2 Metodologia de Pesquisa

Numa primeira fase, realizou-se uma busca bibliográfica através do método de revisão sistemática, consulta a especialistas e participação em congressos para uniformização dos conceitos sobre simulação de processos. Numa segunda fase foi realizada a exploração das funcionalidades da ferramenta ARIS Business Simulator com base em estudos de caso práticos e conceituais.

Nesta segunda fase foram inseridos na ferramenta três casos (sendo um conceitual, um real simplificado e um real completo) como forma de testar os limites e aplicações da ferramenta e iniciar uma identificação/resolução de um problema real da Petrobras. Para a seleção dos critérios de avaliação, foram observados trabalhos de Paim [2007]; Paim [2002]; Law e Kelton [apud Jansen - Vullers, M.H. & Netjes M. 2006]. No capítulo da avaliação quantitativa do software, a proposta dos autores é mais bem detalhada. Um fato que em muito contribuiu para a robustez do trabalho são os casos reais que geraram resultados aderentes à realidade. A Figura 2 apresenta as etapas seguidas na metodologia aplicada.

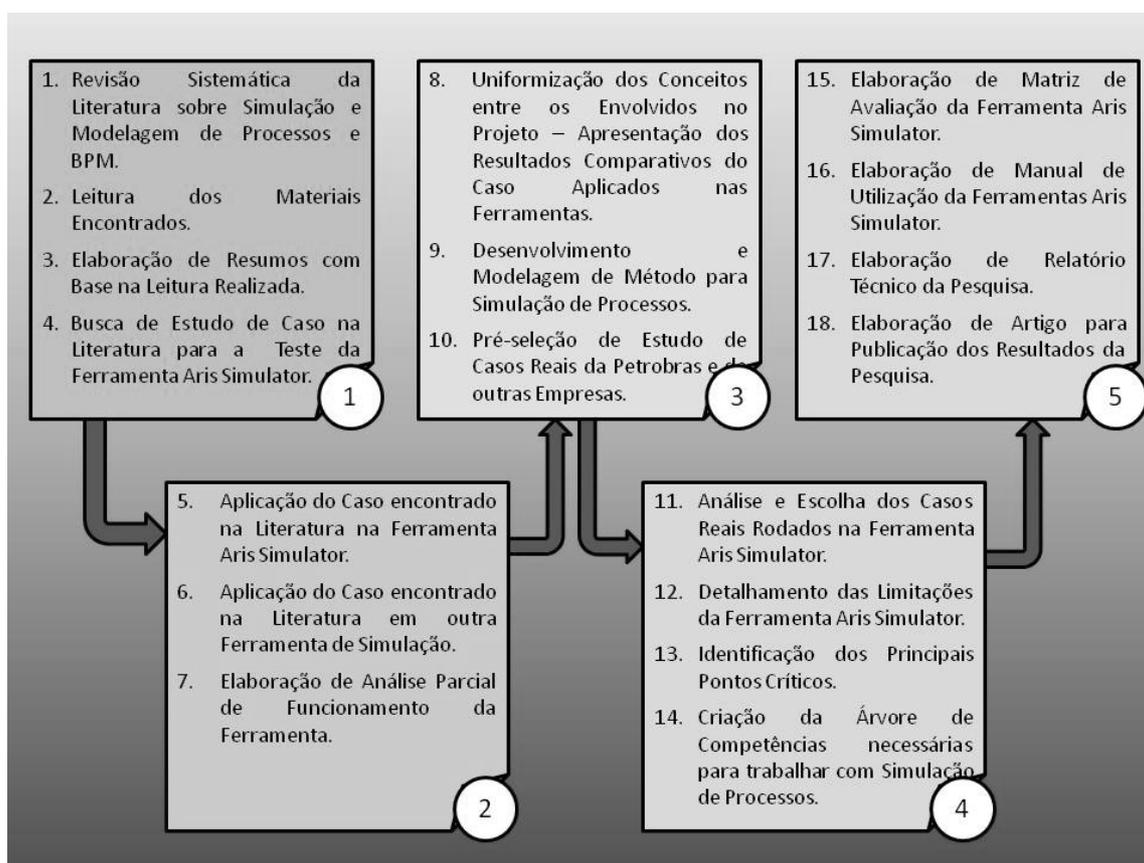


Figura 2 - Metodologia de Pesquisa

2.1 Etapa 1 – Revisão bibliográfica

A etapa inicial da metodologia de pesquisa consistiu em uma busca bibliográfica sobre simulação, modelagem de processos de negócios e gestão de processos de negócios (termo em inglês - BPM). Esta busca bibliográfica foi realizada através da técnica de revisão sistemática, e foi baseada em Biolchini [2005] e Pai *et al.* [2004]. O termo revisão

sistemática (SR do inglês *Systematic Review*) é usado para fazer referência a uma metodologia específica de pesquisa, para coletar e avaliar as evidências disponíveis pertencentes ao tópico em foco. Este processo de condução de pesquisa estabelece uma seqüência bem definida de passos de acordo com o protocolo definido. No Anexo I deste documento consta o protocolo completo da revisão sistemática realizada. Após as leituras dos materiais encontrados e, como forma de desenvolver e uniformizar o conhecimento, foram elaborados resumos dos materiais lidos. Esta etapa encerrou-se com a busca de estudos de caso na literatura com o intuito de testar inicialmente a ferramenta ARIS Business Simulator.

2.2 Etapa 2 – Aplicação da Ferramenta em Estudo de Caso da Literatura e análise comparada

A segunda etapa consistiu na aplicação de um estudo de caso da literatura na ferramenta ARIS Business Simulator e, como parâmetro de comparações, ou seja, uma referência de resultados gerados [Van Aken, 2007], este mesmo caso foi aplicado em outra ferramenta de simulação. Ao final foi elaborada uma análise parcial qualitativa do funcionamento da ferramenta.

2.3 Etapa 3 – Exploração de Atributos de Avaliação da Ferramenta

A terceira etapa consistiu em uma uniformização dos conceitos de simulação abordados na revisão da literatura entre os envolvidos no projeto através da realização de apresentação dos resultados comparativos do caso aplicado na ferramenta ARIS Business Simulator e em outra ferramenta de simulação. Em seguida, iniciou-se o desenvolvimento e modelagem de método para simulação de processos. Este método foi elaborado com base nos materiais encontrados na literatura e em reuniões periódicas entre especialistas envolvidos no desenvolvimento da pesquisa. Ao final foi feita uma pré-seleção de estudos de caso reais da Petrobras e de outras empresas para aplicação na ferramenta em estudo. O objetivo para a aplicação destes casos não foi a busca por uma solução ótima para o problema, mas sim a exploração dos atributos da ferramenta ARIS Business Simulator.

2.4 Etapa 4 – Análises de Casos Reais e Definição de Árvore de Competências

A quarta etapa consistiu de análise e escolha dos casos reais realizados na ferramenta ARIS Business Simulator. Após simulação destes casos, foi feito o detalhamento das limitações da ferramenta ARIS Business Simulator a partir dos resultados gerados da simulação e estes foram apresentados em relatórios específicos para cada caso. Em seguida, foram identificados, de forma qualitativa, os principais pontos críticos da ferramenta ARIS Business Simulator. Ao final houve a construção de uma árvore de competências que se tornam necessárias para os envolvidos com o trabalho de simulação de processos. A identificação destas competências foi realizada através de uma busca específica na literatura sobre o assunto e entrevistas presenciais com especialistas em modelagem e simulação de processos.

2.5 Etapa 5 – Avaliação da Ferramenta

A quinta e última etapa consistiu na elaboração de um documento contendo a matriz de avaliação da ferramenta ARIS Business Simulator. Esta matriz foi concebida com

uma lógica de pontuação de alguns critérios de avaliação e preenchida coletivamente em uma reunião da equipe do projeto de pesquisa. Nesta reunião foram avaliados todos os critérios e definidos os seus respectivos atributos de avaliação. As pontuações de cada critério foram geradas comparando a ferramenta em questão com outra ferramenta de simulação utilizada durante a pesquisa. Outro documento gerado foi o manual de utilização da ferramenta ARIS Business Simulator construído durante a pesquisa. A validação deste manual ocorreu através um teste prático com um profissional com conhecimento apenas em modelagem de processos. Por fim, foi elaborado um relatório técnico da pesquisa que servirá de base para a construção de um artigo para publicação dos resultados da pesquisa.

3 Quadro Conceitual - Modelagem e Simulação de Processos

Neste capítulo são apresentados os conceitos e princípios da modelagem de processos, conceitos de simulação de processos e, por fim, conceitos e definições da modelagem de processos para simulação. A apresentação dos conceitos de Pidd [2001] sobre modelagem se justifica já que a modelagem de um processo é a etapa inicial de um projeto de simulação de processos.

3.1 Modelagem de Processos

O uso da modelagem constitui para os gestores de processo uma importante ferramenta para embasar a tomada de decisão. Identificar o número de variáveis a serem inseridas no modelo e definir qual o grau de robustez e complexidade que o modelo deve ter são questões cujas respostas não são simples. Sendo assim, o uso de modelos torna-se essencial para que o gestor possa testar alternativas e tomar a decisão mais precisa. Para que os modelos possibilitem a tomada de decisão é necessário que a etapa da modelagem seja executada da melhor forma possível.

Uma das primeiras definições afirma simplesmente que modelo é “*uma representação da realidade*” [Ackoff e Sasieni, 1968]. Pidd [2001] critica essa visão por afirmar que ela é demasiadamente simplista, tendo em vista que ignora o motivo pelo qual o modelo está sendo construído. Se o modelador não tiver em mente que o modelo precisa atingir objetivos, ele poderá permanecer para sempre modelando sabendo que está deixando partes da realidade de fora, e ao final, concluir que a modelagem de nada serviu. O mesmo autor fornece uma definição mais completa de modelo:

“Modelo é uma representação da realidade projetado para algum propósito definido”.

A definição acima ainda está incompleta, pois, não contextualiza a modelagem dentro das ciências administrativas. Sendo assim, o autor gera uma terceira definição:

“Modelo é uma representação da realidade que é planejada para ser usada por alguém no entendimento, mudança, gerenciamento e controle desta realidade”.

É importante também ressaltar que um modelo nunca será igual a realidade, pois caso contrário, teríamos duas realidades e não um modelo. A partir desta premissa o autor gera uma nova definição:

“Um modelo é uma representação de parte da realidade vista pelas pessoas que desejam usá-lo para entender, mudar, gerenciar e controlar aquela parte da realidade” [Pidd, 2001, pág. 24].

Por fim, o autor propõe um último refinamento. O modelo envolve a percepção de que muitos de nós movimentamos a vida com um conjunto de considerações que formam nosso arranjo mental. Isto nos leva a portar modelos mentais informais do nosso mundo. No entanto, estes modelos mentais não cabem para um modelo de tomadas de decisão gerenciais. O que interessa é que estes modelos sejam explícitos e externos. Com isso gera-se uma nova definição:

“Um modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”. [Pidd, 2001, pág. 25].

Modelos de Processos de negócios representam segundo Davenport [1993] uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um

começo, um fim, e entradas e saídas claramente identificadas: uma estrutura para a ação. O modelo de processo é uma abstração das atividades de trabalho que acontecem na organização, contendo o fluxo dessas atividades com as decisões, os responsáveis e os demais recursos utilizados.

A modelagem pode ser usada para: um melhor entendimento e representação uniforme da empresa; suporte ao projeto de novas partes da organização ou até para apoiar o controle e monitoramento das operações da empresa [Vernadat, 1996].

Segundo Vernadat [1996] a modelagem de processos constitui uma maneira de fornecer visão sistêmica aos gestores. Possibilita que os gerentes compreendam como o trabalho é executado e como suas tarefas impactam no cliente final. O autor ainda afirma que a modelagem empresarial é um pré-requisito para a integração, servindo também para controle e monitoramento, assim como para suporte a projetos de novas áreas da organização.

Para Rosemann [2000], os princípios e critérios geralmente aceitos em modelagem de processos são: Aderência; Relevância ou suficiência; Custo/Benefício; Clareza; Comparabilidade; Estruturação sistemática.

A modelagem de processos de negócios precisa contemplar um grau adequado de clareza e formalização em seus níveis de abstração, ou seja, prover o conhecimento de seu funcionamento, alinhando-o com a estratégia da organização e propondo a melhoria contínua dos seus processos de negócios. A modelagem pode ser uma forma de apoiar a organização a explicitar e formalizar os seus processos de negócio a fim de promover a representação e entendimento das atividades de trabalho, para minimizar problemas e maximizar a produção de produtos/serviços. Pode ser aplicada com diversas finalidades.

Segundo Paim [2002], os modelos de processos da organização podem ser aplicados para: Redesenho de processos, Análise e melhorias de processos, Sistemas integrados de gestão, Projeto de Sistemas de Informação, Identificação, seleção e monitoração de indicadores de desempenho, Análises organizacionais, Gerência do Conhecimento, Workflow e Gerência de Documentos, Organização de documentação técnica, Benchmarking, Integração organizacional através da uniformização de entendimentos sobre a forma de trabalho, Modelos de negócios eletrônicos e Cadeia de Suprimentos.

Vernadat [2002] afirma que são apresentados como motivação para a modelagem os seguintes pontos: gestão de sistemas complexos; melhor gestão de todos os tipos de processos; explicitação do conhecimento e *know how* organizacional; reengenharia de processos; e integração empresarial propriamente dita. Para o autor, um modelo da empresa uma vez aceito por um grupo de usuários representa uma visão de consenso, ou uma trilha (*Road-map*) daquela empresa para o dado grupo. Podemos dizer ainda que se pode obter como benefício da modelagem de processos a construção de uma cultura e o compartilhamento de uma visão comum para ser comunicada através da organização via uma mesma linguagem dos modelos utilizados.

3.2 Simulação de Processos de Negócios

Saliby [1999] afirma que a simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e assim propor melhores formas de operá-lo.

Uma simulação pode ser contínua ou discreta. Na simulação contínua as variáveis do sistema têm valores que variam continuamente ao longo do tempo e as equações fornecem o valor das variáveis em todos os instantes de tempo. Já na simulação discreta as variáveis do sistema têm valores definidos apenas em instantes de tempo nos quais ocorrem eventos. Um evento pode ser definido como uma alteração no valor de uma ou mais variáveis do sistema.

Neste trabalho será tratada apenas a simulação de eventos discretos.

Em geral, a simulação de sistemas é realizada com intuito de estimar distribuição de variáveis aleatórias, testar hipóteses estatísticas, comparar cenários representando diferentes soluções para o problema em estudo, avaliar o comportamento de uma solução analítica e avaliar um processo de tomada de decisões em tempo real.

Por sua flexibilidade, a simulação contempla a variabilidade do sistema, gerando resultados dinâmicos de acordo com os parâmetros estipulados. Prado [2004] afirma que a definição mais aceita hoje em dia é que simulação seria uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital. Já Pegden [1995] detalha mais o conceito afirmando que simulação é uma das mais poderosas ferramentas de análise disponíveis para os responsáveis por projeto e operação de processos complexos ou sistemas.

No mundo atual, a simulação se tornou uma ferramenta muito poderosa para planejamento, projeto e controle de sistemas. Não mais renegada ao posto de “último recurso”, hoje ela é vista como uma metodologia indispensável de solução de problemas para engenheiros, projetistas e gerentes. A sua utilização possibilita uma melhor visualização e entendimento do sistema real [Pai *et al.*, 2004].

Segundo Tumay [1996], os processos de negócios são muito dinâmicos e complexos para serem analisados somente com fluxogramas e planilhas. Diante disso, pode-se dizer que a simulação de eventos discretos é uma das ferramentas mais poderosas e realistas para analisar o desempenho dos processos de negócios. Tumay [1996] ainda coloca como principal força do Business Process Simulation (BPS), a capacidade de incorporar situações estocásticas ao modelo de modo a obter soluções viáveis de boa qualidade. Vale ressaltar que as situações estocásticas são aquelas nas quais o modelo possui a presença da incerteza, quando uma ou mais variáveis do sistema podem assumir valores aleatórios discretos ou contínuos. Questões relacionadas a estas incertezas são tratadas com o emprego da teoria de probabilidades com enfoque na determinação de funções distribuição de probabilidade que modelem as incertezas.

Segundo Prado [2004], ao efetuar certos tipos de estudos de planejamento, é comum deparar-se com problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa. Tal cenário pode ser uma fábrica, o trânsito de automóveis de uma cidade, um escritório, um porto, um centro de distribuição e etc. Todos estes ambientes possuem uma série de problemas que devem ser resolvidos para que a empresa opere com melhor desempenho. Alguns exemplos desses problemas podem ser:

- 1) Quantidade correta de recursos a serem utilizados (pessoas, máquinas, ferramentas e veículos.);
- 2) Qual o melhor layout e roteiro de fluxo dentro do sistema que está sendo analisado.

Neste contexto a simulação é um importante instrumento de apoio ao processo de tomada de decisão. A simulação pode ser empregada em diversos setores da indústria e da prestação de serviços entre outras áreas. A seguir alguns exemplos são listados:

1. Linhas de Produção: criação, através da simulação, de um parque produtivo totalmente novo e gestão de estoques;
2. Logística: na logística de transportes, podem ser simulados desvios de trilhos e alocação de locomotivas (modal ferroviário); nos modais aéreo e marítimo pode-se simular as tabela de horários de chegada e partida; no modal rodoviário, a simulação pode ser aplicada de forma a auxiliar o dimensionamento do número ideal de pedágios para maximizar a arrecadação e minimizar o tráfego de veículos, entre outras;
3. Telemarketing: o dimensionamento do número de operadores e máquinas a serem alocadas por dia para atender a demanda, também é um problema que pode ser resolvido com o uso da simulação;
4. Bancos e supermercados: Dimensionar o número de atendentes e de caixas rápidos para que as filas se mantenham a níveis determinados.

3.3 Modelagem de Processos para Simulação

Para Carson [2005], todas as atividades de modelagem devem ser focadas no objetivo a ser atingido. Frequentemente, o problema pode ser desconhecido ou pouco entendido e a formulação inicial do problema pode ser declarada em termos de sintomas observados.

Durante a modelagem do problema, torna-se necessário decidir três aspectos sobre a modelagem: Escopo do modelo e abrangência, nível de detalhamento e escopo do projeto.

A Figura 3 busca traduzir a inserção da simulação dentro da lógica de modelagem de processos.

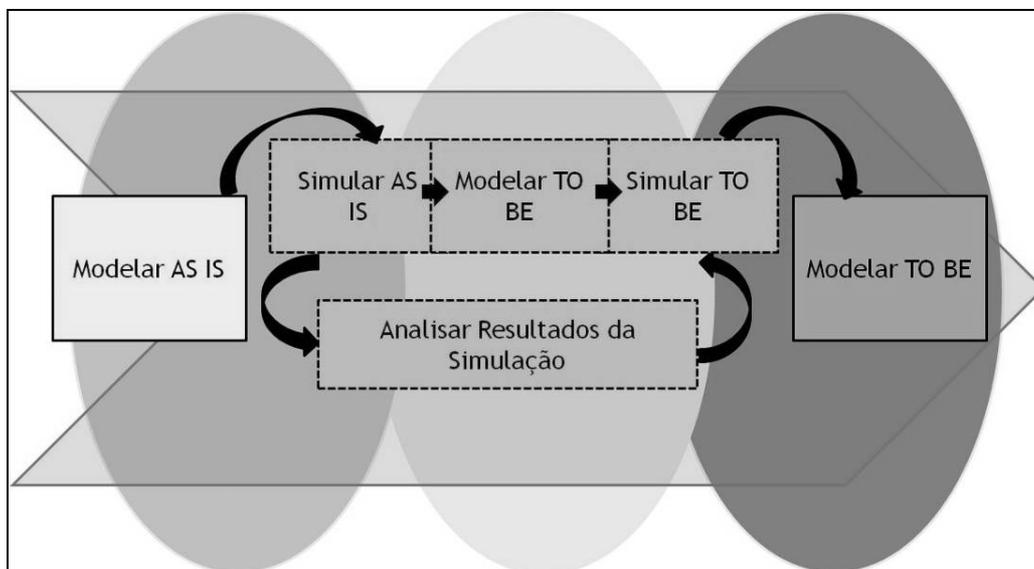


Figura 3 - Inserção da Simulação dentro da lógica da Gestão de Processos

Uma vez que o processo de negócio será modelado com foco também em simulação, o levantamento de novas questões e de novos dados deve ser incorporados à fase de entrevista e de modelagem do processo. Questões importantes como os tempos de execução de cada atividade envolvida no processo devem ser incorporadas ao modelo. Nesta etapa, é necessário que se desenvolva uma lista de questões que o modelo deve responder, assim como uma lista de medidas de desempenho que serão utilizadas na

simulação para comparar as alternativas de modelo. Estas novas atividades no processo de modelagem de processos para atendimento da simulação estão inseridas no método criado neste trabalho. O método está explicado mais detalhadamente no item seguinte.

4 Método de Simulação de Processos

Neste capítulo são apresentados os métodos de simulação analisados no decorrer da busca bibliográfica, bem como o método de simulação desenvolvido durante a pesquisa.

4.1 Histórico de Métodos de Simulação

Durante a pesquisa, foram lidos artigos dos seguintes autores: Aguilar, Rautert e Pater [1996], Saliby [1999], Brito [2007], Raffo e Kellner [1999], Serrano e den Hengst [1995], Tumay [1996]. A partir da leitura de diversos trabalhos selecionados foi percebido que os autores apresentavam visões complementares. A etapa de trabalho do método consistiu em condensar as diferentes visões dos autores em um único método de simulação, conforme a Figura 4. As etapas propostas abrangem a modelagem de simulação desde a situação atual (em inglês “AS-IS”) até a situação futura (em inglês “TO BE”), ou seja, a evolução dos processos do modelo de simulação. É importante ressaltar que ao longo da busca bibliográfica realizada neste projeto, não foi encontrada nenhuma organização e formalização do método de simulação como o apresentado na seção seguinte.

4.2 O Método Desenvolvido no Projeto

A simulação computacional demanda um objetivo específico a partir do contato e conhecimento do problema real. As etapas seguintes envolvem o levantamento do desenvolvimento conceitual do modelo de simulação, o levantamento dos dados reais (como a medição dos diversos tempos de execução das atividades), a seleção adequada da função distribuição de probabilidade que modela o tempo de execução das atividades envolvidas no processo, a validação do modelo, a interpretação dos resultados gerados e, por fim, a determinação de cenários mais adequados para a organização. Este último relaciona-se a um redimensionamento de recursos técnicos e/ou humanos e proposição de novas atividades, entre outros.

Para simular, é necessário responder às questões: por que, o que e como simular, ou seja, o problema a ser resolvido, o escopo e as variáveis a serem simulados e as abordagens e técnicas de modelagem a serem empregadas de forma mais efetiva.

O método de simulação desenvolvido possui as seguintes etapas:

- Modelar os processos de negócios para a simulação: consiste no detalhamento da seqüência de passos do processo, quando as regras do processo de negócio são representadas esquematicamente. O modelo deve explicitar as atividades e os recursos humanos ou técnicos a ele associados. O modelo para ser consolidado deve ainda ser definido a partir de entrevistas junto à organização. A proposta de modelo deve ser validada junto aos envolvidos que o executam. Para toda modelagem realizada deve haver uma validação associada;
- Selecionar as medidas de desempenho: Escolher os indicadores de desempenho. São os indicadores de desempenho que norteiam o objetivo da simulação. Uma vez obtidos os valores destes indicadores, é possível entender melhor o problema em estudo e propor novas soluções para o problema real. Como exemplos podem ser citados: número médio de usuários ou processos na fila de uma determinada atividade, número médio de usuários no sistema, tempo médio de espera na fila de uma atividade, taxa de ocupação dos recursos

envolvidos na execução de uma atividade, sejam estes recursos técnicos ou humanos e etc.;

- Realizar a coleta de dados para a simulação: Levantar os tempos das atividades representativas para o processo e o número de operadores associados a uma mesma atividade. Uma série histórica com os tempos de execução das atividades modeladas é relevante e determinante para o sucesso da simulação de um processo, pois quanto melhor o processo de amostragem, mais aderente ao problema real a simulação estará;
- Determinar a distribuição de probabilidade dos processos: Uma vez selecionada a amostra e obtida a série histórica, é nesta etapa que se define qual o modelo probabilístico mais aderente aos tempos de execução de cada atividade, ou seja, é nesta etapa que a função distribuição de probabilidade de cada atividade é determinada. Entre as ferramentas que desempenham esse papel podem ser citadas: Input Analyzer do ARENA, Stat Fit ou o MS Excel;
- Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade: implementar as funções distribuições de probabilidade, determinadas na etapa anterior, associadas às atividades e eventos do processo. Vale ressaltar que esta implementação é dependente das distribuições de probabilidade disponíveis na ferramenta de simulação utilizada;
- Realizar validação do modelo de simulação: Comparar os resultados obtidos empiricamente com os resultados observados na realidade, podendo ser necessário retornar às etapas anteriores caso sejam detectados problemas tais como: verificar que houve erro na coleta de dados, verificar que os dados de saída não estão aderentes ao processo e verificar atividades críticas que não ocorrem na realidade dentre outros;
- Identificar melhorias no processo simulado: propor novas configurações do modelo de processo de negócio, construir novos cenários e avaliar os impactos de cada um deles.

O modelo do processo construído está esquematizado na Figura 4. O detalhamento do método de simulação pode ser encontrado no ANEXO II deste documento e a árvore de competências é descrita no ANEXO III.

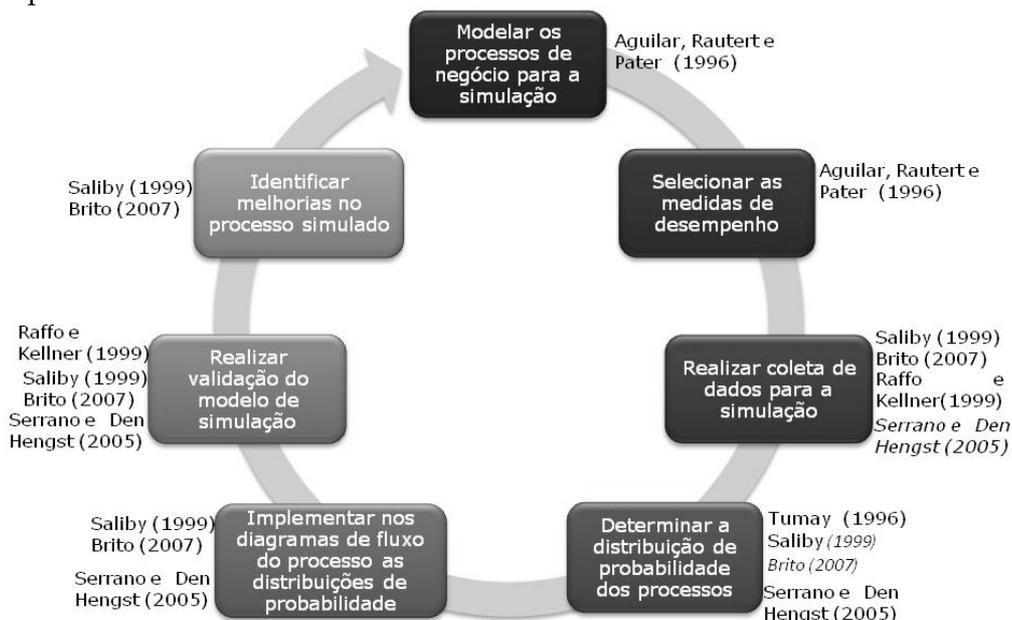


Figura 4 – Método de Simulação de Processos de Negócios

5 Ferramentas

Este capítulo tem como objetivo fazer uma breve revisão de algumas ferramentas de modelagem e simulação de processos, apresentando também a pesquisa do Gartner Group no período de 2000 a 2007 sobre algumas delas.

5.1 Ferramentas de Modelagem de Processos

Uma organização para ser modelada como um todo pode demandar diferentes modelos. Para tal tarefa ser realizada com sucesso a decisão sobre que ferramenta a ser utilizada é tão importante quanto a metodologia a ser empregada.

Segundo Bastos e Cameira [2000], existem no mercado diversas ferramentas que apóiam o trabalho de levantamento e modelagem de processos. As vantagens do uso destas são diversas, variando de acordo com as possibilidades da própria ferramenta, assim como os objetivos determinantes do trabalho.

O Gartner Group classifica as ferramentas de modelagem. A Figura 5 exibe o quadrante de ferramentas do Gartner Group [2007].

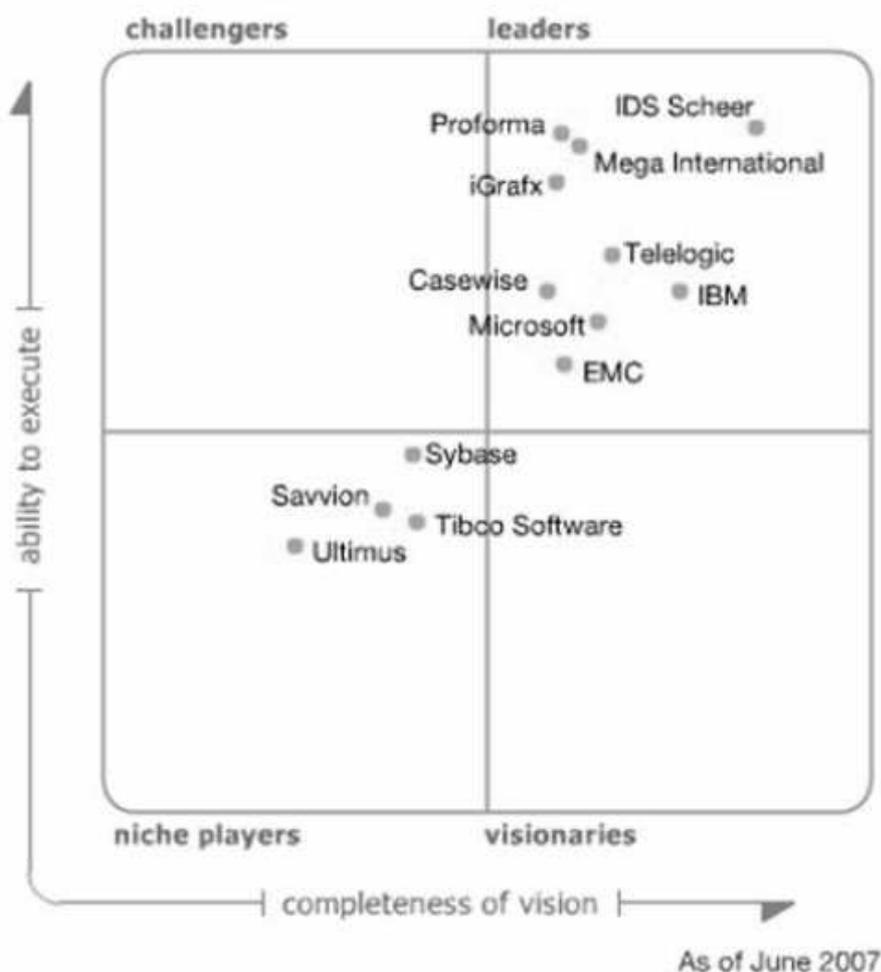


Figura 5 - Mercado de ferramentas de modelagem de processos em 2007
(Fonte: GARTNER GROUP, 2007)

Nesta classificação foram incluídos fornecedores que se enquadram em um ou mais critérios dos descritos abaixo:

1. Empresas que obtiveram receita igual ou superior a 12 milhões de dólares totalizando venda de licenças e manutenção de licenças;
2. Frequência igual ou maior de aparecimentos em questionamentos dos clientes do Gartner em comparação com empresas listadas no quadrante mágico;
3. Frequência maior ou igual de aparecimentos em avaliação dos clientes do Gartner em comparação com os competidores listados no quadrante mágico;

Para que o leitor deste documento entenda os campos fornecidos no quadrante mágico do Gartner Group, segue uma breve explicação:

O eixo y do quadrante mágico recebe o nome de “*Ability to execute*”. Com este tópico, o Gartner está avaliando a capacidade do produto em permitir o sucesso de arquitetos de processos de negócios em relação a competidores. O Gartner avaliou a abrangência de funcionalidades e a profundidade de tais funcionalidades e também a viabilidade geral do fornecedor e da ferramenta no mercado de BPA. Um quadro de resumo pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de critérios utilizados para definir o grau de habilidade de execução (Fonte: GARTNER GROUP, 2007)

Evaluation Criteria	Weighting
Product/Service	high
Overall Viability (Business Unit, Financial, Strategy, Organization)	standard
Sales Execution/Pricing	no rating
Market Responsiveness and Track Record	no rating
Marketing Execution	no rating
Customer Experience	high
Operations	no rating

O eixo x apresenta o nome de “*completeness of vision*” o que significa o quão completa é a visão de negócio da empresa e sua viabilidade. A Tabela 2 exhibe os critérios utilizados para este tipo de caracterização.

Tabela 2 - Tabela de critérios utilizados para definir o quão completa é a visão das empresas. (Fonte: GARTNER GROUP, 2007)

Evaluation Criteria	Weighting
Market Understanding	no rating
Marketing Strategy	no rating
Sales Strategy	no rating
Offering (Product) Strategy	high
Business Model	high
Vertical/Industry Strategy	low
Innovation	no rating
Geographic Strategy	no rating

As definições referentes aos quadrantes apresentados anteriormente são as seguintes:

1. Empresas Líderes (*Leaders*) → São fornecedores que comercializam pacotes de alto grau de funcionalidades ou penetração de mercado, bem como visão e investimento de negócios.
2. Empresas Desafiantes (*Challengers*) → São fornecedores que possuem bons desempenhos em vendas, mas não possuem uma visão (completeness of vision) de mercado tão completa quanto os líderes de mercado.
3. Empresas com Alto Grau de Inovação (*Visionaries*) → Estes fornecedores se diferenciam pela inovação. No entanto, falta a este grupo a capacidade de traduzir em vendas a inovação que produzem.
4. Empresas que atuam em certos nichos de mercado (*Niche Players*) → Estes fornecedores comercializam produtos que resolvem problemas, apesar de sua visão e poder de execução ser consideravelmente menor que dos líderes. Este grupo geralmente resolve os problemas de nichos específicos de mercado.

5.2 Ferramentas de Simulação

As diversas ferramentas de simulação viabilizam de forma ampla a prática da simulação de processos de negócios. No entanto, Kerremans e McCoy [2008] afirmam que antes de partir para as ferramentas de simulação, os objetivos devem ser formulados claramente, além de ser necessário dispor de modelos de processos bem feitos e de garantir que a equipe possua as habilidades necessárias para entender as diversas metodologias de simulação.

Dentre as principais ferramentas de simulação encontradas na literatura, segundo Saliby [1999], são destacadas: AutoMod, ARENA, ARIS Business Simulator, Extend, GPSS H, iThink, Micro Saint, MS Excel, ProModel, Simul8, TAYLOR Iib, VisSim. Algumas diferenças entre estas ferramentas estão descritas na modelagem por entidades ou por atividades ou ainda pela simulação de eventos discretos (ARENA, ARIS Business Simulator, Simul8 dentre outros) ou contínuos (iThink¹). Prado [2004] aprofunda a análise de Saliby [1999] sobre os softwares e os contextualiza historicamente:

1. Década de 50 - Linguagens FORTRAN e ALGOL foram bastante utilizadas para confecção de programas de simulação. Nesta fase era necessário grande conhecimento de programação para rodar as simulações.
2. Década de 60 - GPSS - seu problema era o enorme espaço que ocupava (174 kb de memória quando os computadores possuíam em torno de 64 kb de memória).
3. Década de 70 - Desenvolvimento de novas linguagens como GASP, SIMSCRIPT e EXELSIM. A simulação foi facilitada com a criação de computadores que já possuíam 2 Mb de memória.
4. Década de 80 - Com o grande avanço dos computadores começou a se explorar a "simulação visual". E a partir desta década começaram a surgir os softwares mais utilizados hoje em dia: ARENA, TAYLOR, PROMODEL, AUTOMOD e etc.

¹O software de simulação iThink também é capaz de realizar simulação discreta.

A seguir são apresentadas de forma geral as ferramentas ARENA, WebSphere, ALBPM e ARIS Business Simulator. A ferramenta ARIS Business Simulator será apresentada com mais detalhes, mais adiante, por se tratar do foco principal do projeto.

5.3 ARIS Business Simulator – IDS Scheer

O ARIS Business Simulator é um suplemento do pacote chamado ARIS Business Architect, o qual tem como objetivo a modelagem de processos de negócios e à melhoria de processos (o pacote de simulação comprova esta afirmativa). A Figura 6 apresenta um exemplo de um processo sendo simulado nesta ferramenta.

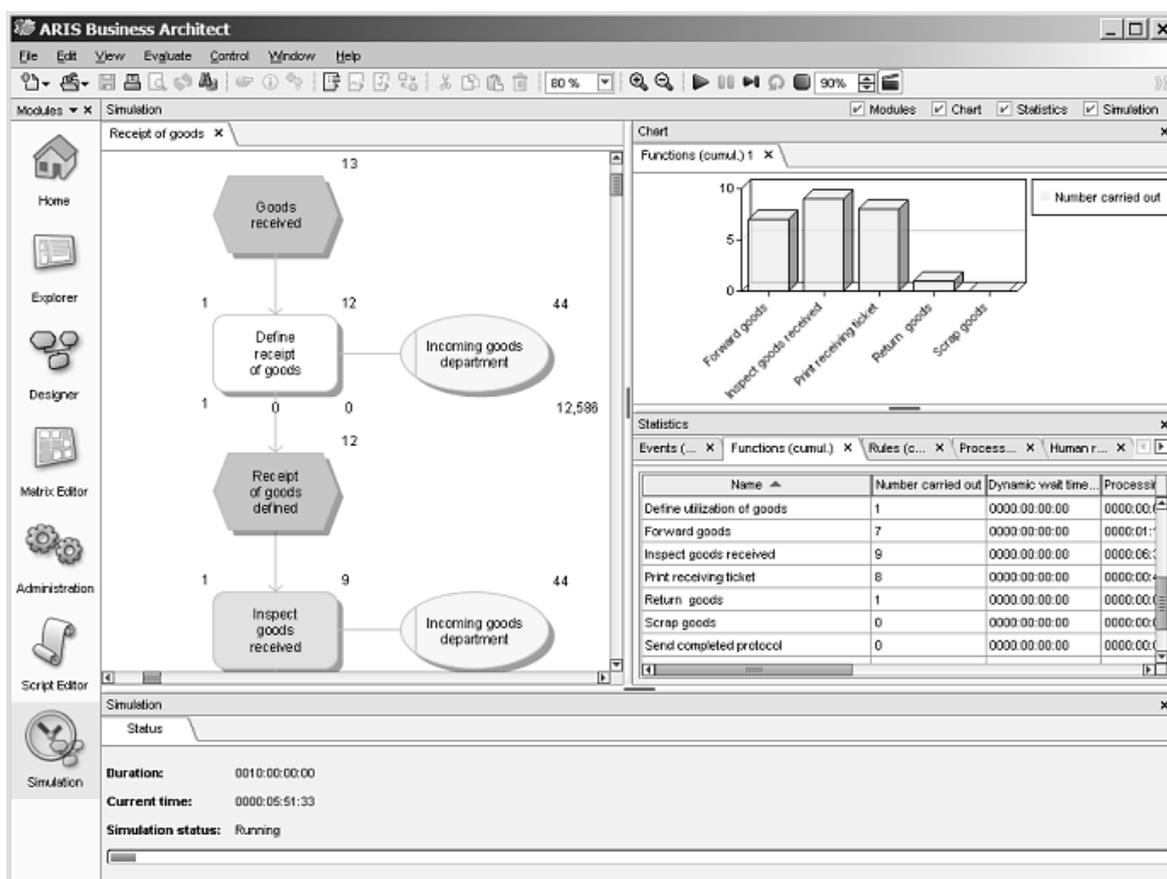


Figura 6 - Exemplo de um Processo sendo Simulado no ARIS Business Simulator. (Fonte: IDS SCHEER - WEBSITE, 2008)

A simulação no Aris tem como foco: custo, tempo e recursos e para isso é necessário que os atributos e a duração da simulação sejam preenchidos de forma adequada. Também é necessário que as estatísticas que se deseja obter sejam selecionadas e posteriormente salvas no formato XLS ou XML e manipuladas no Excel. Devido a essa integração foi desenvolvida uma planilha para apoiar a interpretação das estatísticas geradas. Esta planilha pode ser vista no ANEXO IV desse documento.

A ferramenta possui integração com o Excel e permite por meio de scripts gerar relatórios customizados de acordo com a necessidade existente. A ferramenta Aris Business Simulator é indicada para simulações de processos pouco complexas, devido às diversas simplificações que precisam ser realizadas na modelagem. O capítulo posterior apresenta simulações realizadas com essa ferramenta.

O Aris Business Simulator faz distinção entre três tipos de fila. São estas:

- Fila-estática: Entidades em espera no sistema aguardando o começo da orientação. Pode ser interpretado como um tempo de manutenção. Durante o tempo de manutenção a máquina não está processando nenhuma entidade, mas estas continuam chegando e se acumulando esperando a manutenção de máquina acabar e então a máquina começa a processá-las. Em processos de escritório, pode ser a espera pela chegada de uma ordem de trabalho. Na linha de produção, pode ser a espera pela chegada de uma ordem de produção.
- Fila de Orientação: Entidades em espera no sistema esperando o começo do processamento. Pode ser considerado como um tempo de setup de máquina que é rodado a cada entidade que adentra o sistema. Pode ser o tempo, entre a chegada de uma ordem e o início do processamento da ordem. Este tempo está associado a interpretação da ordem e a preparação para início do processamento.
- Fila dinâmica: Entidades em espera aguardando até serem processadas. A operação já teve início, mas como a capacidade de processamento é menor que a taxa de chegada de novas entidades, então há formação de fila.

5.4 ARENA Simulation - Rockwell

O ARENA Simulation, da empresa Rockwell, é uma ferramenta especialista em simulação, que está no mercado há muito tempo e que atualmente utiliza uma linguagem BPMN de modelagem de processos e comporta diversos tipos de simulação. Essa ferramenta possui integração com pacote Microsoft Office e possibilidade de programação em ambiente Visual Basic.

A modelagem no Arena é feita visualmente com objetos orientados à simulação e pode ser realizada com o auxílio do mouse, não necessitando serem digitados comandos na lógica (programação).

Uma ferramenta adicional no ARENA é o Input Analyser. Esta faz a análise dos dados de entrada, gera o histograma, os valores mínimo e máximo, a média e o desvio padrão da amostra. O input Analyser realiza o teste de aderência dos dados amostrados e determina as distribuições de probabilidade mais adequadas para modelar aquela massa de dados.

Outro ponto da ferramenta que vale a pena ser ressaltado é a maneira de apresentação dos dados de saída de resultados. O software gera um relatório em PDF no qual cada estatística pode ser detalhadamente visualizada. O usuário pode ver separadamente resultados como: tamanho da fila, número de entidades processadas, taxa de utilização de recursos, entre outros.

A Figura 7 é um exemplo de modelo de simulação no ARENA, mais especificamente abordado no capítulo seguinte.

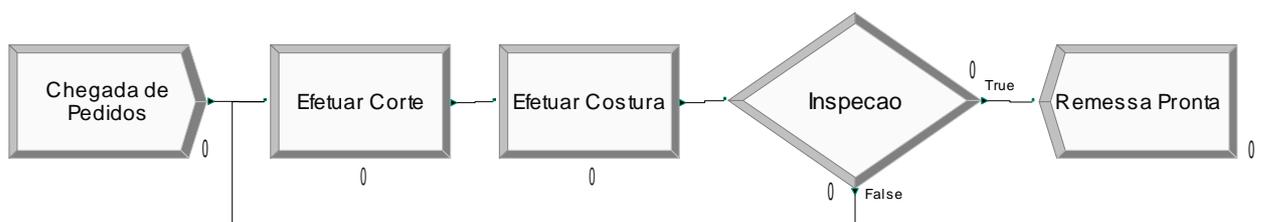


Figura 7 - Exemplo de Modelo no ARENA

5.5 ALBPM - Oracle

Essa ferramenta pertence à suíte da Oracle chamada de AquaLogic BPM (anteriormente pertencente a BEA), que tem como objetivo gerir os processos de negócio da organização e utiliza a notação BPMN.

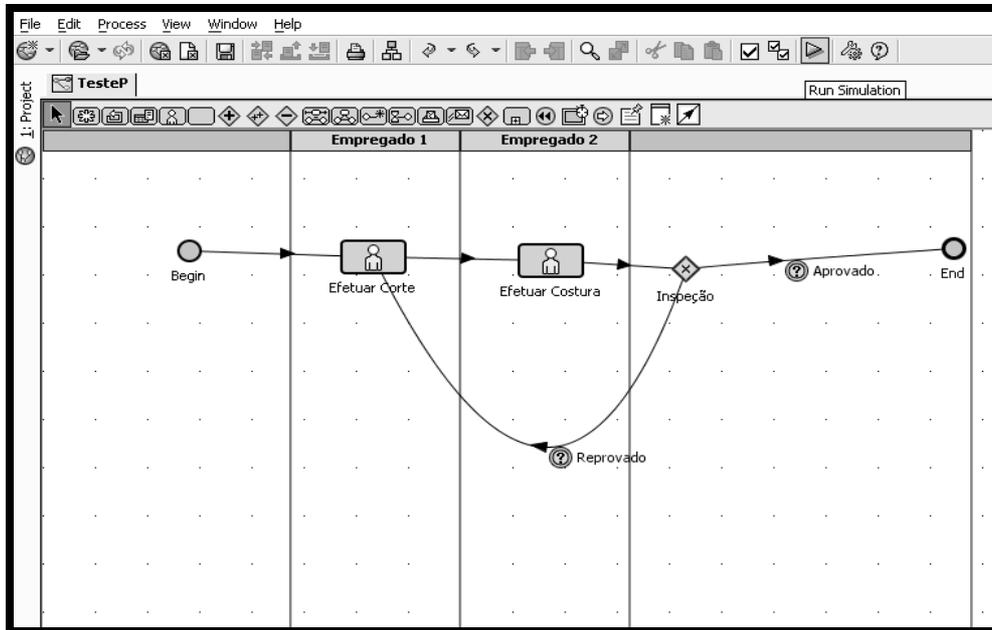


Figura 8 - Exemplo de um Processo Modelado no AQUALOGIC

A partir de um projeto criado é possível criar um processo e simulá-lo. As notações de modelagem estão disponíveis em 5 temas: Clássico, UML, Analista de Negócios, BPMN e BPMN colorido. A configuração da simulação requer dados de tempo e recursos, há sérias limitações quanto ao número de distribuições estatísticas existentes e não há possibilidade de animar o processo. Os resultados gerados da simulação focam nos indicadores: unidades, tempo e custo. Possui 8 tipos de gráfico: colunas, colunas 3D, barras, barras 3D, mapa de calor 3d, linha, linha 3d e tabela. Quanto à geração de relatórios, há a possibilidade de geração de um *report* em CSV no Excel. A Figura 8 apresenta um exemplo de um modelo de simulação nesta ferramenta.

Uma breve análise da ferramenta mostrou que a simulação é limitada pelas poucas distribuições estatísticas. A Figura 9 indica que há 4 tipos de distribuição: constante, uniforme, exponencial e normal. Isto dificulta aplicações em diversos cenários e os relatórios gerados não trazem resultados claros.

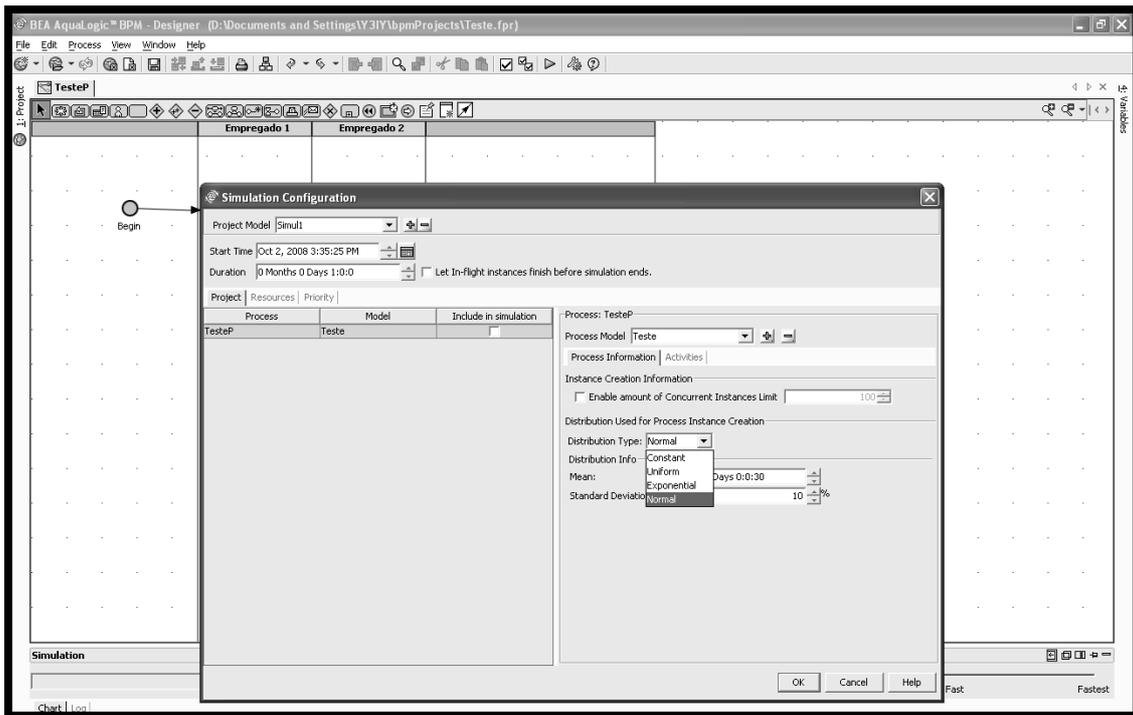


Figura 9 - Tela da Ferramenta Aqualogic que demonstra as 4 Distribuições de Probabilidade Existentes

5.6 Como utilizar as Ferramentas

Como explicitado anteriormente, cada ferramenta implica em uma forma de uso associada a uma metodologia e a um conceito que norteia a ferramenta. Softwares mais conhecidos como a ARENA Simulation possuem diversos livros, apostilas e documentos relativos às experiências de diversos autores sobre seu uso. No caso do ARIS Business Simulator, tal literatura não se mostra tão farta. Por este motivo foi desenvolvido pela equipe do projeto material de uso operacional da ferramenta.

6 Estudos de Caso

Esta etapa do relatório apresenta a realização de uma série de testes utilizando a ferramenta Aris Business Simulator em 2 casos reais e 1 caso conceitual. A ferramenta ARENA foi utilizada em alguns casos para se poder tomar medidas de comparação dos resultados.

Para a seleção dos casos foram definidas as seguintes premissas:

- Utilidade para Petrobras;
- Ganho de escala;
- Baixo custo de utilização;
- Menor esforço operacional;
- Baixo impacto no cronograma do projeto;
- Utilidade para a equipe do projeto;
- Disponibilidade de dados.

6.1 Caso Conceitual

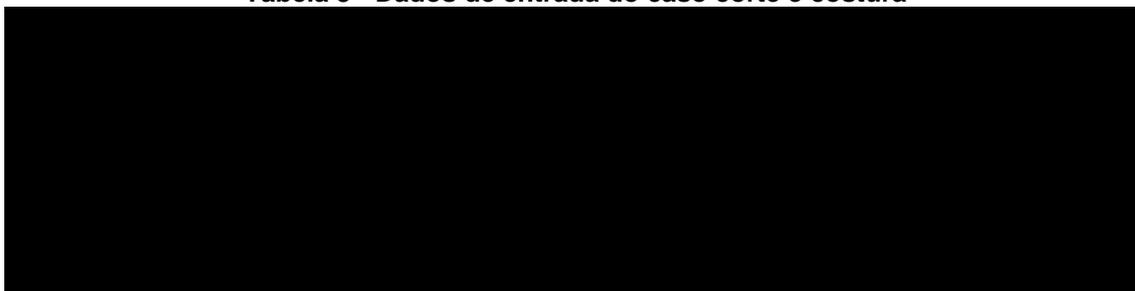
6.1.1 Definição do Problema

Numa linha de produção, uma peça de tecido passa pelas etapas de corte e costura ao longo da linha. Como a qualidade da costura não é 100% (há um número de defeitos diferente de zero), existem peças de tecido que são rejeitadas e retornam para o início da linha. Isso acarreta retrabalho e perda para o processo. A idéia do problema é identificar as perdas que ocorrem e dimensionar a quantidade de peças de tecido produzidas ao final do turno de trabalho de 10 horas. Este exemplo foi retirado de Prado [2004] e foi um estudo inicial para que fosse possível testar e comparar a ferramenta ARIS Simulator com a Ferramenta ARENA.

6.1.2 Modelos e Dados de Entrada

A Tabela 3 apresenta os dados de entrada do problema para o estudo de caso em questão. Vale ressaltar que a chegada de pedidos segue uma distribuição exponencial de média 15 minutos, o que significa uma taxa aproximada de chegada de 4 pedidos por hora. O índice de rejeição de produtos é 20%.

Tabela 3 - Dados de entrada do caso corte e costura



Vale ressaltar que o ARIS SIMULATOR trata a geração de entidades de maneira diferente do ARENA Simulation. Enquanto no ARENA Simulation pode-se gerar

entidades segundo, por exemplo, uma distribuição exponencial, o ARIS SIMULATOR não fornece tal possibilidade. No ARIS escolhe-se uma frequência de geração de entidades. Tal frequência pode ser por dia, por hora, etc. Sendo assim, o número de entidades entrantes no sistema já pode ser conhecido a priori, pois o mesmo é determinístico. Por exemplo, se o usuário escolhe 40 entidades por hora e a simulação dura 3 horas, entrarão 120 entidades no sistema durante a simulação. Por este motivo, arbitrou-se uma frequência alta² durante a simulação. Deste modo, faz-se necessário a criação de um “processo de adaptação”. Isto garante que o sistema estará ocupado o tempo todo, uma vez que a demanda, expressa pela taxa de chegada, é maior que a capacidade, determinada pela taxa de processamento do recurso mais restritivo.

Neste processo foi inserida a distribuição exponencial de média 15, de forma a “filtrar” a grande quantidade de entidades que foram previamente inseridas no sistema. Por este motivo não foi analisado o parâmetro “tamanho de fila” pois tal parâmetro apresentaria números bastante discrepantes.

Como forma de demonstrar graficamente a adaptação que foi feita para garantir uma chegada de pedidos no corte seguindo a distribuição probabilística determinada, a Figura 10 apresenta o problema modelado na ferramenta ARIS.

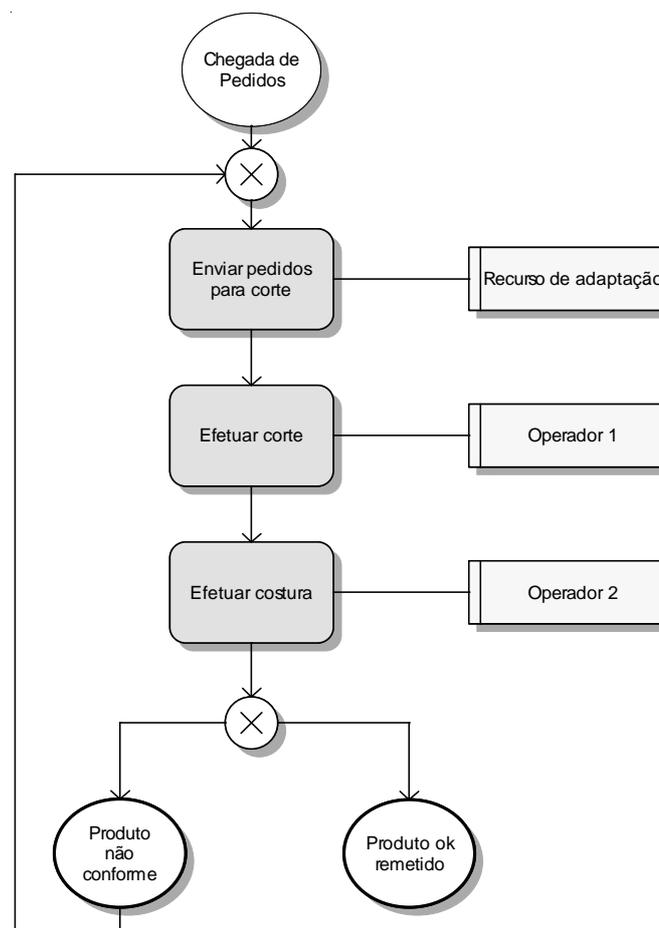


Figura 10 - Exemplo do Problema de Corte e Costura Modelado no ARIS

² Este número pode ser qualquer número alto. No problema foi arbitrada uma frequência que fizesse o número de entidades entrantes fosse maior que 400, aproximadamente 10 vezes a quantidade de entidades processadas pelo sistema.

Da mesma forma, o processo foi modelado no software ARENA e está representado na Figura 11.

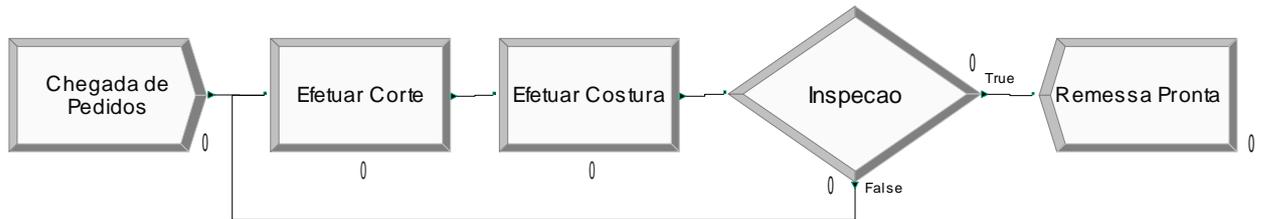


Figura 11 - Exemplo do Problema de Corte e Costura Modelado no ARENA

6.1.3 Medidas de Desempenho

As medidas de desempenho consideradas neste exemplo foram: Chegada de pedidos (no caso do ARIS Simulator considera-se o envio de pedidos para o corte), Quantidade de Produtos “Ok” remetidos e Quantidade de Produtos não conformes. A quantidade de produtos “Ok” esperada era um número em torno de 80% do total de peças de tecido. A quantidade de peças rejeitadas esperada era um número em torno de 20%.

6.1.4 Resultados e Conclusões

Para que fosse possível analisar os resultados da simulação a partir dos objetivos previamente traçados, resumiram-se os resultados em tabelas comparativas.

Neste caso, foi realizada a primeira coleta das estatísticas. Os resultados de ambos os softwares foram comparados e estão apresentados nas Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7:

Tabela 4 - Valores absolutos do caso Corte/Costura no ARIS Simulator

ARIS SIMULATOR	Envio de pedidos para o corte	Produto ok remetido	Produtos não conformes
Distribuições colocadas na caixa "Process"	54	19	6
Distribuições colocadas nos conectores	54	19	7

Tabela 5 - Valores percentuais do caso Corte/Costura no ARIS Simulator

A Tabela 4 apresenta, em valores absolutos, o resultado do caso Corte e Costura, e mostra que os resultados de saída estão aderentes à taxa de produtos “ok” e produtos “não-conformes” inseridas no problema. Estes valores eram os esperados uma vez que, de acordo com a Tabela 5, 24% dos itens processados foram não conformes e o total processado foi de 25 (19 conformes mais 6 não conformes). A coerência está no fato de 6 ser 24% de 25 e este valor, 24%, estar próximo do valor esperado na definição do problema, que era rejeição de 20%.

O mesmo teste foi realizado colocando as probabilidades nos conectores e não na caixa “process” (function). Nota-se que há uma diferença de resultados para uma simulação realizada com os dados inseridos na caixa “process” e os mesmos dados inseridos nos conectores. Pode-se visualizar nas tabelas que há diferença entre os resultados. Há notável diferença entre a porcentagem de produtos conformes comparando-se os dois casos. Também há uma diferença entre os produtos não-conformes. Isto acontece porque provavelmente o software utiliza sementes aleatórias distintas nos conectores e nas caixas de processo. De qualquer forma, houve novamente coerência nos resultados. Como o código do software é fechado, não se pode afirmar com certeza que a diferença acontece por causa deste fato.

O mesmo caso foi aplicado na Ferramenta ARENA. Com o caso estudado foi possível concluir que os dados de saída foram coerentes com os dados de entrada. As conclusões passaram somente por verificar se o ARIS Business Simulator forneceria resultados parecidos com o ARENA. Conforme apresentado anteriormente na aplicação do caso no ARIS Business Simulator, a Tabela 6 e Tabela 7 apresentam, respectivamente, os valores absolutos e percentuais resultados do caso Corte e Costura após replicações na ferramenta ARENA Simulation.

Tabela 6 - Valores absolutos do Caso Corte/Costura após 10 replicações³ no ARENA Simulation

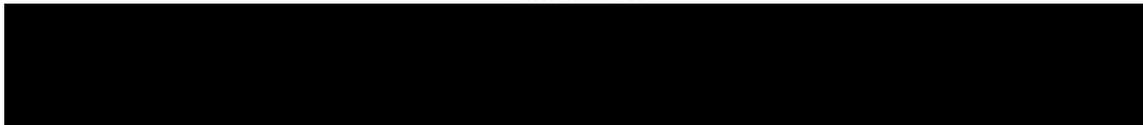


Tabela 7 - Valores percentuais do Caso Corte/Costura após 10 replicações no ARENA Simulation



Ao final, este caso serviu para que fosse realizado um primeiro contato com a ferramenta. A principal observação realizada neste caso foi a capacidade do software de fornecer saídas aderentes aos dados de entrada. Como o caso é extremamente simples, serviu como um primeiro teste, reservando outras conclusões para os demais casos.

6.2 Caso Metalprop

6.2.1 Definição do Problema

O estudo consistiu em um caso real de uma indústria de Polipropileno chamada aqui de MetalProp. A empresa possui mini-fábricas de metalização e estas contam com 3 metalizadoras. Cada metalizadora possui diferentes taxas de tempo de máquina em funcionamento. O principal problema enfrentado pelas mini-fábricas é a dificuldade de identificação do gargalo. Esta dificuldade restringe o aumento de capacidade global, por meio de ações pontuais de melhoria aplicadas diretamente no gargalo produtivo.

³ Replicações são “repetições” do mesmo cenário. Contudo, devido à variabilidade, em cada replicação os resultados devem ser diferentes.

Os dados foram coletados e a modelagem para simulação procedeu como se segue. A simulação foi feita seguindo os passos do método desenvolvido. Os processos industriais foram descaracterizados por questões de sigilo. A idéia básica é que sejam testados 3 cenários. Em cada cenário, variam os tempos de setup do Processo Industrial 1 e verifica-se a produtividade de bobinas ao final. A análise preliminar deste caso foi fundamental, pois possibilitou um pré-teste da ferramenta antes do teste em um caso real na Petrobras.

No primeiro cenário, a idéia foi reproduzir um processo produtivo onde não houvesse um gargalo conhecido. As taxas de ocupação dos recursos deveriam ser semelhantes. No segundo cenário, analisou-se o posto de gargalo aumentando a disponibilidade de recursos nos dois processos produtivos e analisou-se o impacto na quantidade de unidades produzidas. Nesta etapa foi descoberto que o gargalo era o Processo Industrial 1. No terceiro cenário, foi percebido que não mais adiantava aumentar a disponibilidade de recursos do Processo Industrial 1, pois o gargalo havia migrado para o Processo Industrial 2. A simulação foi conduzida de acordo com o método desenvolvido pela equipe.

6.2.2 Medidas de desempenho

As medidas de desempenho adotadas para este caso foram as seguintes:

- Número de entidades em fila dinâmica
- Número de entidades processadas (Bobinas prontas)
- Número de entidades em fila estática
- Número de entidades em fila de orientação
- Número de entidades em processamento
- Taxa de utilização dos recursos

6.2.3 Modelos e Dados de Entrada

Nos próximos itens são apresentados os dados de entrada para o estudo de caso em questão.

Comparação de Cenários na Ferramenta ARIS Simulator

Uma das principais funcionalidades de uma simulação é a possibilidade de rodar diversos cenários a partir de uma massa de dados coletados. Neste caso procedeu-se exatamente desta forma. A partir dos dados disponíveis foram levantadas hipóteses, onde cada hipótese testada deu origem a um cenário. Abaixo estão explicados os cenários utilizados.

Cenário 1 – Cenário Real: Posto Gargalo no Processo Industrial 1

No cenário 1, há uma definição exata sobre o posto de trabalho caracterizado como gargalo, o processo industrial 1. A Tabela 8 apresenta os seguintes dados relativos a este cenário. As distribuições de probabilidade adotadas para cálculo dos tempos de processamento, neste caso, foram Distribuições Normais.

Tabela 8 - Dados de Entrada do Cenário 1, Metalizadora 1

METALIZADORA 1 - 33,45% do tempo de máquina funcionando									
ARIS SIMULATOR	Process Time		Unidade	Static Wait Time		Unidade	Orientation Time		Unidade
Processo Industrial 1	Média	47	min	Média	9,3	h	Média	20	min
	Desvio - Padrão	3	min	Desvio - Padrão	30	min	Desvio - Padrão	3	min
Processo Industrial 2	Média	42	min	Média	0	min	Média	15	min
	Desvio - Padrão	4	min	Desvio - Padrão	30	min	Desvio - Padrão	2	min

A Figura 12 ilustra o processo produtivo da Metalizadora 1 modelado na ferramenta ARIS Business Simulator. Após análise dos dados, percebe-se que o gargalo do processo produtivo encontra-se no processo industrial 1 (ver Cenário 2).

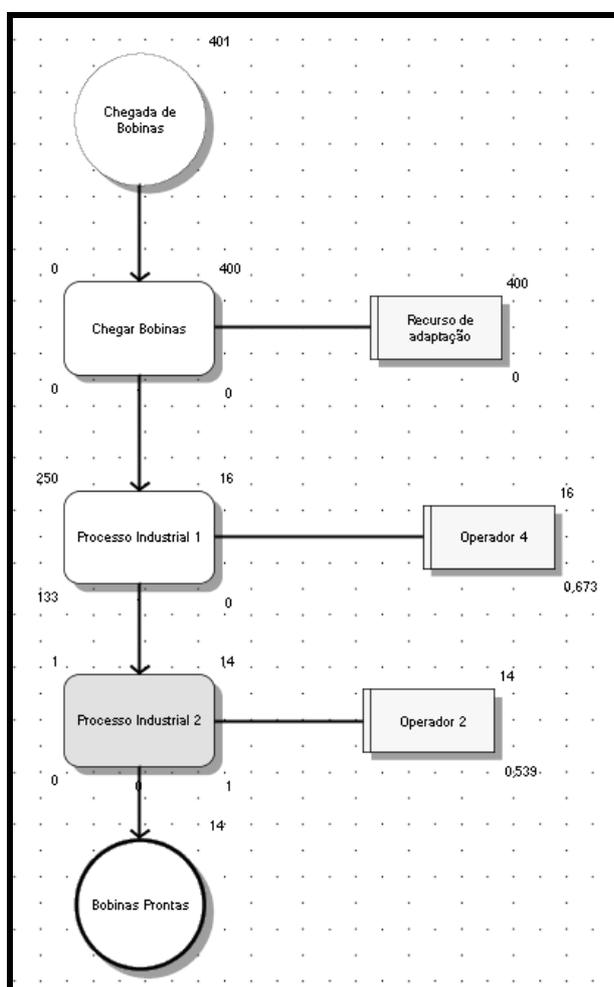


Figura 12 - Processo produzindo 14 entidades

Cenário 2 – Aumento da Disponibilidade de Recursos

Este cenário tem como intuito a percepção dos diferentes resultados gerados por alterações realizadas nos processos industriais 1 e 2. Portanto, pode-se observar que ao aumentar o número de recursos do processo industrial 2, a capacidade produtiva do sistema não se altera. Isto fica evidente porque tanto na Figura 14 quanto na Figura 15

a taxa de saída do processo, representada pelo número 14, não se altera quando um recurso não gargalo tem sua capacidade aumentada.

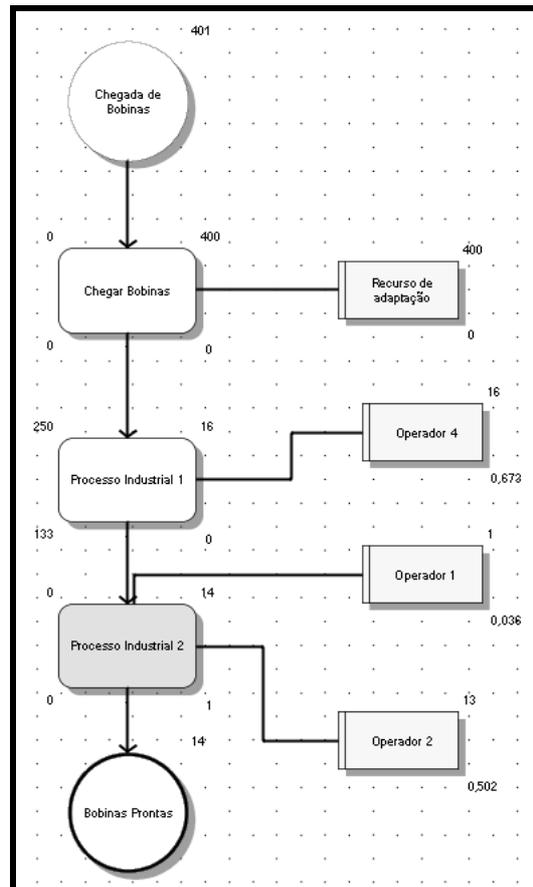


Figura 13 - Recurso dobrado e processo produtivo produzindo 14 entidades

Entretanto, na comparação entre a Figura 14 e a Figura 12 pode se perceber que o aumento da capacidade no recurso gargalo aumenta a taxa de saída de 14 para 16. Portanto, quando aumentada a quantidade de recursos disponíveis no gargalo, pode-se observar que a produção global de bobinas consequentemente aumenta.

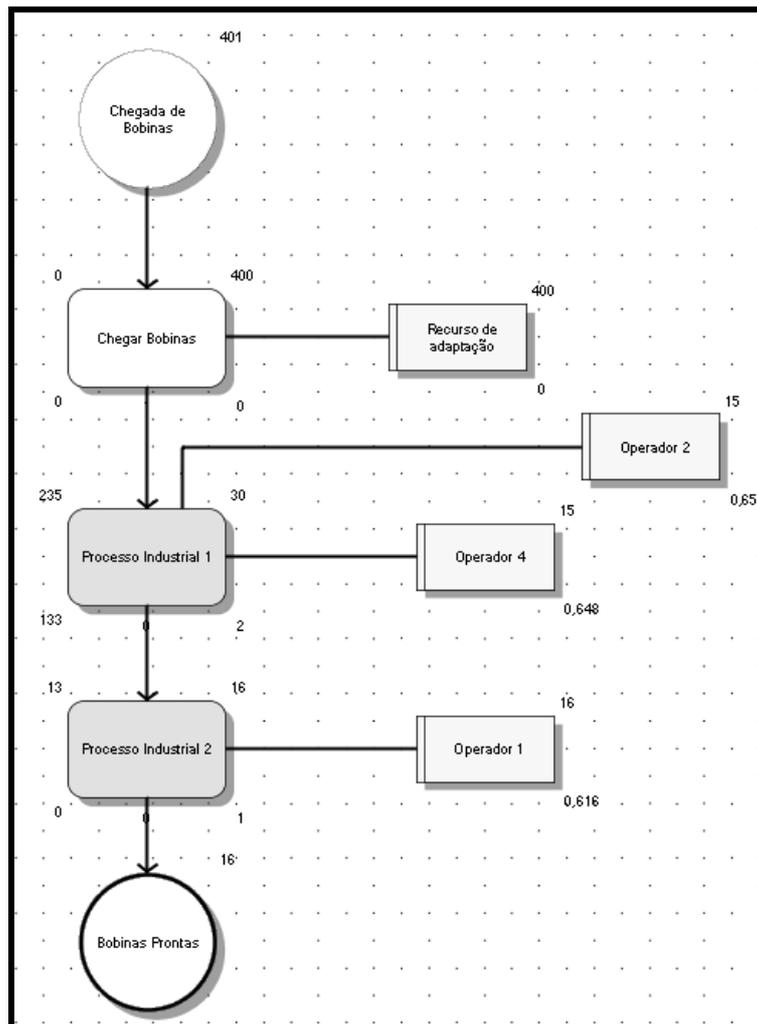


Figura 14 - Aumento de recursos na atividade gargalo resultando em aumento da produção

Cenário 3 - Gargalo migra para Processo Industrial 2

No cenário 3 pode-se, claramente, observar que o gargalo migra do processo industrial 1 para o processo industrial 2. Isto é comprovado ao efetuar o experimento da Figura 14 e da Figura 15 na qual a quantidade de recursos é aumentada sequenciadamente no processo industrial 1 e a quantidade de Bobinas resultantes do processo produtivo não aumenta⁴.

⁴ Nota-se que na figura o resultado indica 16 bobinas prontas e na tabela apenas 15. Tal diferença se dá pelo simples fato de existirem 3 metalizadoras, tais metalizadoras apresentam uma pequena variabilidade de tempos de processamento e setup.

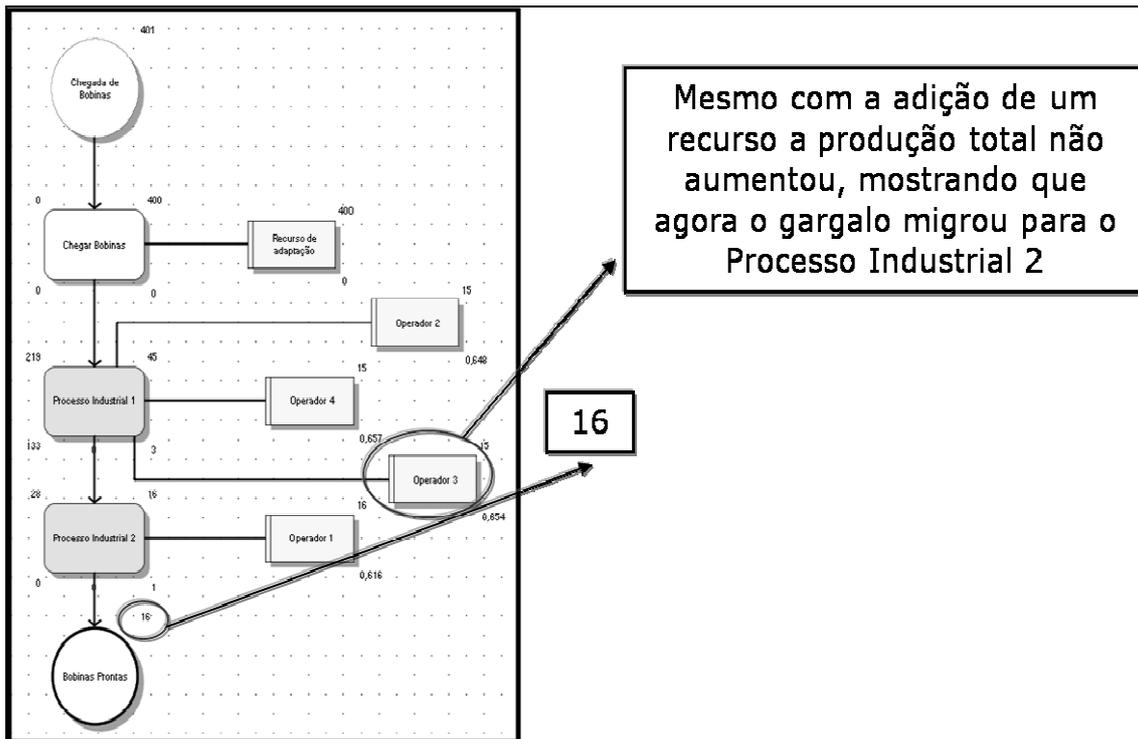


Figura 15 - Migração do gargalo

6.2.4 O Desenvolvimento do Caso no ARENA

Para embasar melhor o estudo e a investigação do software, os resultados obtidos no ARIS Business Simulator foram comparados com o ARENA SIMULATION. A primeira vantagem do ARENA é visual. É possível construir uma animação que fornece uma idéia de como ocorre o processo.

A Figura 16 mostra a animação feita no software ARENA. Em vídeo gravado, pode-se visualizar os produtos passando pela linha e os trabalhadores operando as máquinas.

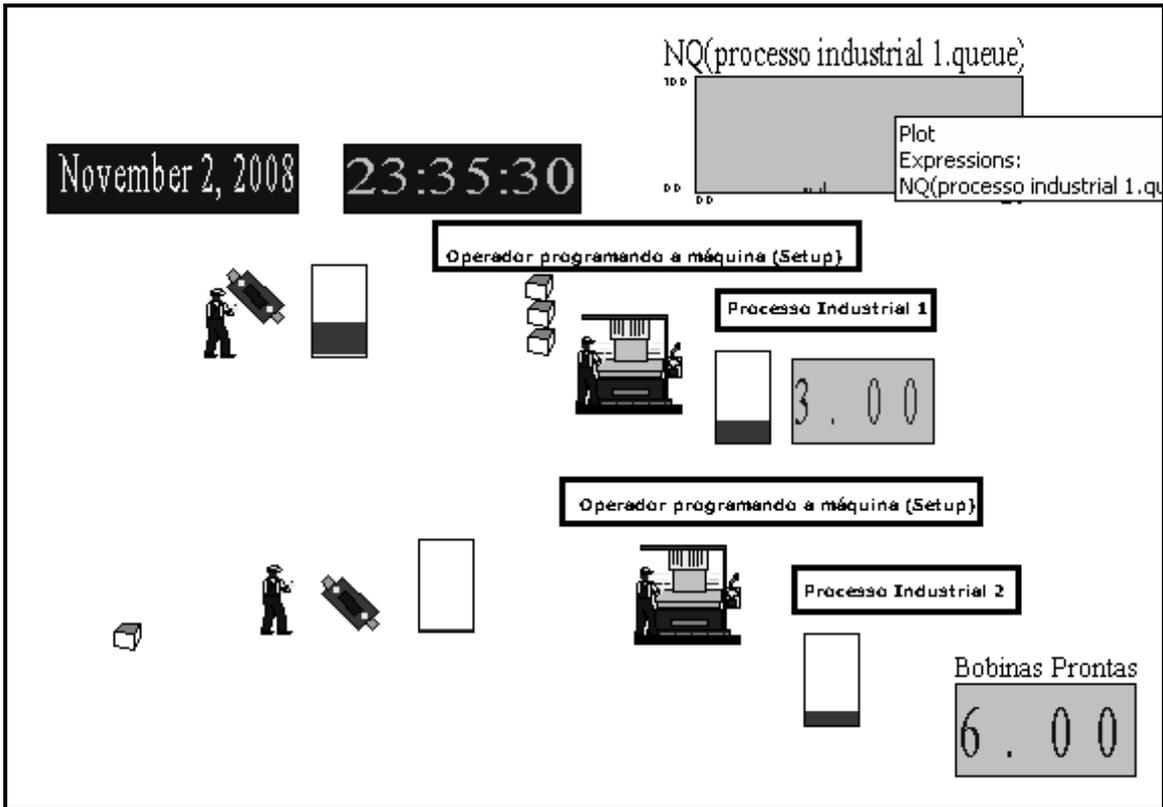


Figura 16 - Animação do processo de metalizar bobinas feito no Arena Simulation

A Figura 17 apresenta a modelagem feita para animação. Os blocos de cor rosa são necessários para que a lógica da animação seja construída. Pode ser feito o modelo sem animação (bem mais simples) como mostrado na Figura 18:

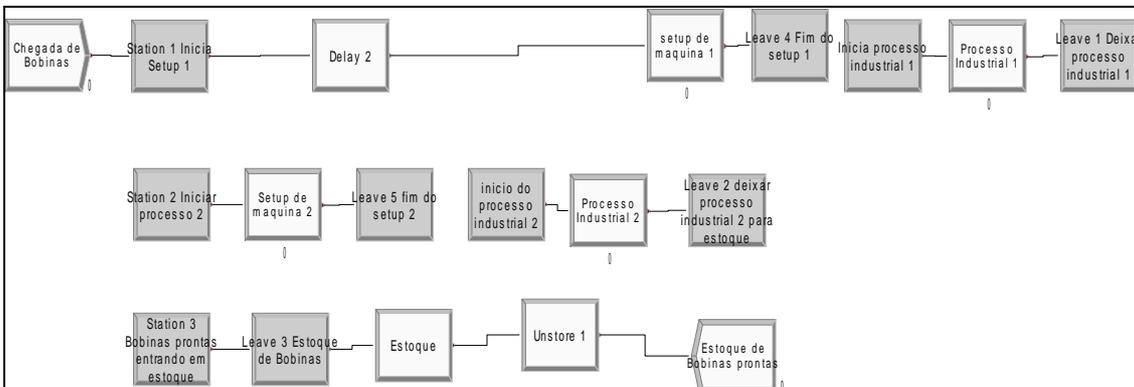


Figura 17 - Modelagem para simulação no Arena

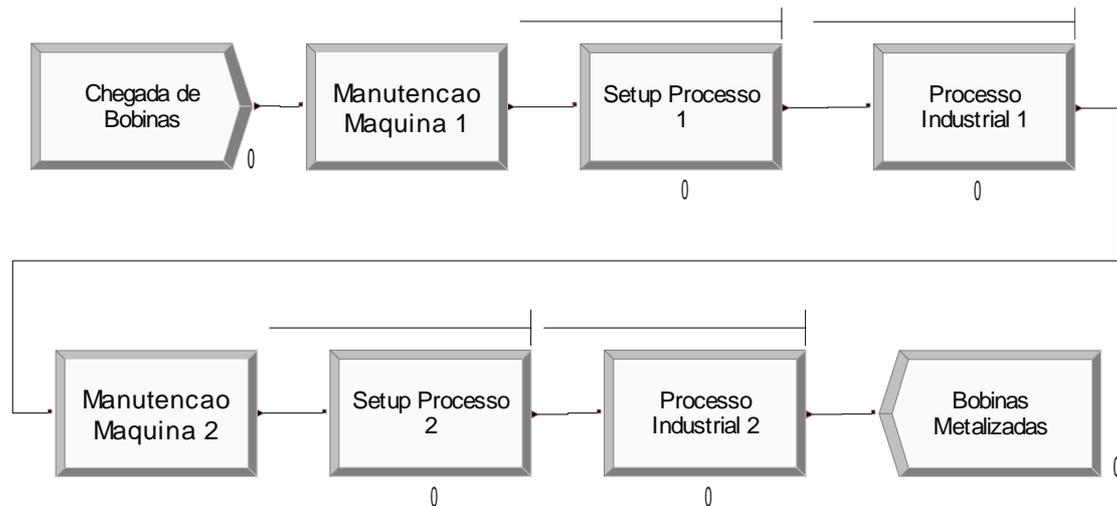


Figura 18 - Modelo simplificado do processo de metalizar bobinas

Nota-se que na seção dos resultados não há menção à fila do processo industrial 1. A fila deste processo depende da quantidade de entidades gerada pelo sistema. Nos dois softwares há uma grande diferença conceitual quanto à geração de entidades, no Aris Business Simulator, a quantidade de entidades geradas é determinística (ex: 400 por dia, número utilizado no estudo), já no Arena, é possível que as entidades sejam geradas por meio de distribuições de probabilidades, ou seja, descreveu-se no relatório os parâmetros encontrados no Arena que pudessem ser comparados com os do Aris Business Simulator. Outra limitação no estudo é que os casos foram rodados na versão de estudante do ARENA, o que limita o número máximo em 150 entidades. Esse fato, impossibilitou em alguns momentos, rodar o problema no ARENA com os mesmos parâmetros do ARIS Simulator.

6.2.5 Resultados e Conclusões

Nesta seção são apresentados os resultados referentes ao cenário 1 descrito na seção anterior do relatório.

Resultados do Cenário 1 - ARIS BUSINESS SIMULATOR

A seguir serão apresentados de forma sucinta e objetiva os resultados do cenário 1 encontrados da aplicação do caso MetalProp na ferramenta ARIS Business Simulator como forma de comparação com os resultados encontrados na ferramenta ARENA Simulation que, também, terão seus resultados apresentados em seguida.

A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados e interpretados da saída da simulação do cenário 1 no ARIS Business Simulator (Metalizadora 1). Conforme identificado anteriormente, nota-se claramente que o gargalo do processo produtivo neste cenário encontra-se no processo industrial 1.

Tabela 9 - Resultados do Cenário 1 (Metalizadora 1)



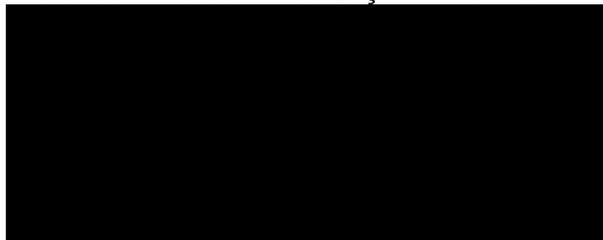
A Tabela 10 apresenta quantidade de bobinas produzidas para o cenário 1 de produção.

Tabela 10 - Quantidade de Bobinas prontas com um operador no recurso gargalo

Bobinas Prontas	13
-----------------	----

A Tabela 11 apresenta a taxa de utilização dos operadores de cada posto de trabalho. O operador 1 representa o recurso do processo industrial 1 e o operador 2 representa o recurso do processo industrial 2.

Tabela 11 - Taxa de utilização dos recursos



Cabe ressaltar que a taxa de utilização do recurso dedicado ao posto de trabalho gargalo intuitivamente seria mais alta do que a apresentada (59,6%). Entretanto, conforme dito anteriormente, a máquina em questão (Metalizadora 1) funciona aproximadamente 33,45% do tempo nominal de produção. Portanto, neste tempo o recurso dedicado a operação neste posto fica ocioso.

Acerca deste cenário não é possível retirar novas conclusões, apenas confirmar que o processo gargalo é o processo industrial 1.

Resultados Cenário 2 - ARIS BUSINESS SIMULATOR

A seguir serão apresentados os resultados do cenário 2 encontrados da aplicação do caso MetalProp na ferramenta ARIS Business Simulator.

A Tabela 12 apresenta os resultados encontrados e interpretados da saída da simulação do cenário 2 no ARIS Business Simulator (Metalizadora 1). Nota-se uma possível migração de gargalo do processo industrial 1 para o processo industrial 2 que, respectivamente, produziram 26 e 15 bobinas durante o período de simulação determinado.

Tabela 12 - Resultados após aumento de recursos no processo gargalo

METALIZADORA 1 - 33,45% do tempo de máquina funcionando (tempos em minutos)					
ARIS SIMULATOR	Entidades-fila dinâmica	Entidades-Processadas	Entidades-fila estática	Entidades-fila de orientação	Entidades-Processamento
Processo Industrial 1	219	26	153	0	2
Processo Industrial 2	10	15	0	0	1

A Tabela 13 apresenta quantidade de bobinas produzidas para o cenário 2 de produção.

Tabela 13 - Quantidade de Bobinas prontas com dois operadores no recurso gargalo

Bobinas Prontas	15
-----------------	----

A Tabela 14 apresenta a taxa de utilização dos operadores de cada posto de trabalho. Os operadores 3 e 4 representam os recursos do processo industrial 1 e o operador 2 representa o recurso do processo industrial 2.

Tabela 14 - Taxa de utilização dos recursos

Taxa de utilização dos recursos	
Taxa de utilização	
Operador 4	61,2%
Operador 3	61,5%
Operador 1	57,4%

Pode-se observar na comparação da A Tabela 10 apresenta quantidade de bobinas produzidas para o cenário 1 de produção.

Tabela 10 com a Tabela 13 que quando foi adicionado um novo recurso no posto gargalo a quantidade de bobinas produzidas aumentou de 13 para 15, consequentemente surge a hipótese de migração do gargalo produtivo para outro posto de trabalho.

Resultados do Cenário 3 - ARIS BUSINESS SIMULATOR

A seguir serão apresentados os resultados do cenário 3 encontrados da aplicação do caso MetalProp na ferramenta ARIS Business Simulator.

A Tabela 15 apresenta os resultados encontrados e interpretados da saída da simulação do cenário 3 no ARIS Business Simulator (Metalizadora 1). Nota-se a confirmação da migração de gargalo do processo industrial 1 para o processo industrial 2 que, respectivamente, produziram 39 e 15 bobinas durante o período de simulação determinado.

Tabela 15 - Resultados após aumento de recursos no “antigo” gargalo

METALIZADORA 1 - 33,45% do tempo de máquina funcionando (tempos em minutos)					
ARIS SIMULATOR	Entidades-fila dinâmica	Entidades-Processadas	Entidades-fila estática	Entidades-fila de orientação	Entidades-Processamento
Processo Industrial 1	205	39	153	2	1
Processo Industrial 2	23	15	0	0	1

A Tabela 16 apresenta quantidade de bobinas produzidas para o cenário 3 de produção.

Tabela 16 – Quantidade de Bobinas prontas com três operadores no recurso gargalo

Bobinas Prontas	15
-----------------	----

A Tabela 17 apresenta a taxa de utilização dos operadores de cada posto de trabalho. Os operadores 1, 5 e 4 representam os recursos do processo industrial 1 e o operador 2 representa o recurso do processo industrial 2.

Tabela 17 - Taxa de ocupação dos recursos

Taxa de utilização dos recursos	
Taxa de utilização	
Operador 5	60,7%
Operador 1	60,3%
Operador 4	60,2%
Operador 2	57,4%

Nota-se, claramente que o número de bobinas prontas produzidas não aumentou e a taxa de utilização dos recursos diminuiu comparando com o cenário anterior

A Tabela 18 representa a fila formada no processo industrial 2 ratificando a hipótese levantada no cenário 2 de que o gargalo produtivo havia migrado do posto de trabalho 1 para o posto de trabalho 2.

Tabela 18 - Fila formada no processo industrial 1 no cenário 1

Metalizadora 1	
ARIS SIMULATOR	Fila formada
Processo Industrial 2	0

Resultados do Cenário 1 - ARENA SIMULATION

Nesta seção foram resumidos os resultados encontrados durante a rodada de simulação que utilizou o software ARENA Simulation. Ressalta-se que para se fazer possível uma análise do ARIS Business Simulator, foi necessário testar outra ferramenta de mercado para que fosse criada uma base comparativa. Neste sentido,

buscou-se padronizar os critérios de coleta de dados de saída para ambas as ferramentas. Como a versão disponível para trabalho do ARENA Simulation tratava-se de uma versão de estudante (novamente, versão com uma série de restrições, como por exemplo, tamanho máximo de fila), alguns resultados não puderam ser comparados. Nas tabelas seguintes, são apresentados os resultados das saídas do ARENA Simulation para os mesmos dados inseridos no ARIS Business Simulator.

A Tabela 19 apresenta a quantidade de entidades processadas no cenário 1 do processo produtivo.

Tabela 19 - Entidades Processadas no cenário 1

Entidades Processadas (Bobinas prontas)	16
--	----

A Tabela 20 apresenta a taxa de utilização dos recursos no cenário 1. O recurso 1 está atrelado ao processo industrial 1 e o recurso 2 ao processo industrial 2. Percebe-se, pelos valores coletados, que o processo industrial 1 é o gargalo do processo produtivo.

Tabela 20 - Taxa de utilização dos recursos no cenário 1

Taxa de utilização dos recursos	
Taxa de utilização	
Recurso 1	60,7%
Recurso 2	48,6%

Resultados do Cenário 2 - ARENA SIMULATION

Nesta seção são apresentados os resultados para o cenário 2 do estudo de caso. A Tabela 21 apresenta a quantidade de entidades processadas no cenário 2 do processo produtivo.

Tabela 21 - Entidades processadas no cenário 2

Entidades Processadas (Bobinas prontas)	18
--	----

A Tabela 22 apresenta a taxa de utilização dos recursos no cenário 2. O recurso 1 está atrelado ao processo industrial 1 e o recurso 2 ao processo industrial 2. Vale ressaltar que, neste caso, o recurso 1 possui capacidade dobrada.

Tabela 22 - Taxa de utilização dos recursos no cenário 2

Taxa de utilização dos recursos	
Taxa de utilização	
Recurso 1	58,9%
Recurso 2	55,7%

A Tabela 23 apresenta a fila formada no processo industrial 2 devido a duplicação de recursos atrelados ao processo industrial 1. Este dado permite-se levantar a hipótese de migração de gargalo do posto de trabalho 1 para o posto de trabalho 2.

Tabela 23 - Fila formada no cenário 2

Metalizadora 1	
ARIS SIMULATOR	Fila formada
Processo Industrial 2	4

Resultados do Cenário 3 - ARENA SIMULATION

Nesta seção são apresentados os resultados para o cenário 3 do estudo de caso. A Tabela 24 apresenta a quantidade de entidades processadas no cenário 3 do processo produtivo.

Tabela 24 - Entidades Processadas no cenário 3

[REDACTED]

A Tabela 25 apresenta a taxa de utilização dos recursos no cenário 3. O recurso 1 está atrelado ao processo industrial 1 e o recurso 2 ao processo industrial 2. Vale ressaltar que, neste caso, o recurso 1 teve a capacidade triplicada.

Tabela 25 - Taxa de utilização dos recursos no cenário 3

Taxa de utilização dos recursos	
Taxa de utilização	
Recurso 1	56,7%
Recurso 2	55,1%

A Tabela 26 apresenta a fila formada no processo industrial 2 devido a triplicação de recursos atrelados ao processo industrial 1. Este dado permite-se ratificar a hipótese de migração de gargalo do posto de trabalho 1 para o posto de trabalho 2.

Tabela 26 - Fila formada no cenário 3

Metalizadora 1	
ARIS SIMULATOR	Fila formada
Processo Industrial 2	7,5

OBS.: Nota-se neste caso que a fila possui um valor decimal. Isto, a princípio, pode parecer uma incoerência, porém, é factível, pois os resultados aqui apresentados sobre o ARENA Simulation são fruto de uma média de 5 replicações.

6.2.6 Comparação de Resultados nos Dois Softwares

Este item apresenta a comparação dos resultados encontrados na ferramenta ARIS Business Simulator com os resultados da ferramenta ARENA Simulation. Neste primeiro tópico é apresentada a comparação de resultados referente ao cenário 1.

Resultados comparativos - Cenário 1

Em seguida serão apresentadas tabelas comparativas entre os resultados gerados do cenário 1 aplicados nas duas ferramentas.

A Tabela 27 apresenta a comparação de filas geradas no processo industrial 2. Os valores apresentados demonstram que o gargalo do processo produtivo não é o posto de trabalho 2.

Tabela 27 - Fila formada no processo industrial 2 do cenário 1

Fila do cenário 1	ARIS SIMULATOR	ARENA
Processo Industrial 2	0	0

A Tabela 28 apresenta a quantidade de entidades processadas (neste caso, bobinas produzidas) neste cenário.

Tabela 28 - Entidades processadas no cenário 1

	ARIS SIMULATOR	ARENA
Entidades Processadas	13	16

OBS.: Os resultados aqui apresentaram variabilidade como esperado, visto que a simulação é estocástica, com ocorrência de flutuações estatísticas, decorrentes do tipo de distribuição de probabilidade. Vale ressaltar mais uma vez que os resultados do Arena são o produto de 5 replicações, ou seja, o resultado do ARIS Business Simulator pode ser o resultado de uma das replicações do ARENA, tendo em vista, que o ARIS não faz replicações.

A Tabela 29 apresenta os valores da taxa de utilização dos recursos atrelados as etapas dos processos. Cabe ressaltar que o recurso 1 está dedicado ao processo industrial 1 e o recurso 2 dedicado ao processo industrial 2. Os valores, em ambas as ferramentas, apresentam grande semelhança.

Tabela 29 - Valores comparativos da taxa de utilização dos recursos no cenário 1

Taxa de utilização dos recursos		
Taxa de utilização	ARIS SIMULATOR	ARENA
Recurso 1	59,6%	60,7%
Recurso 2	51,1%	48,6%

Resultados Comparativos - Cenário 2

Em seguida serão apresentadas tabelas comparativas entre os resultados gerados do cenário 2 aplicados nas duas ferramentas.

A Tabela 30 apresenta a comparação de filas geradas no processo industrial 2. Os valores apresentados demonstram que o posto de trabalho 2 é um candidato a gargalo do processo produtivo.

Tabela 30 - Fila formada no processo industrial 2

Fila do cenário 2	ARIS SIMULATOR	ARENA
Processo Industrial 2	10	4

A Tabela 31 apresenta a quantidade de entidades processadas (neste caso, bobinas produzidas) neste cenário.

Tabela 31 - Entidades processadas

	ARIS SIMULATOR	ARENA
Entidades Processadas	15	18

OBS.: Os resultados aqui apresentaram variabilidade como esperado, visto que a simulação é estocástica, com ocorrência de flutuações estatísticas, decorrentes do tipo de distribuição de probabilidade. Vale ressaltar mais uma vez que os resultados do Arena são o produto de 5 replicações, ou seja, o resultado do ARIS Business Simulator pode ser o resultado de uma das replicações do ARENA, tendo em vista, que o ARIS não faz replicações.

A Tabela 32 apresenta os valores da taxa de utilização dos recursos atrelados as etapas dos processos. Cabe ressaltar que o recurso 1 está dedicado ao processo industrial 1 e o recurso 2 dedicado ao processo industrial 2. Os valores, em ambas as ferramentas, apresentam grande semelhança.

Tabela 32 - Taxa de utilização dos recursos

Taxa de utilização dos recursos		
Taxa de utilização	ARIS SIMULATOR	ARENA
Recurso 1	61,4%	58,9%
Recurso 2	57,4%	55,7%

Vale ressaltar que no ARIS Business Simulator são utilizados dois recursos para equivaler ao recurso 1, portanto o dado da Tabela 32 é uma média de tais recursos.

Resultados Comparativos - Cenário 3

Em seguida serão apresentadas tabelas comparativas entre os resultados gerados do cenário 3 aplicados nas duas ferramentas.

A Tabela 33 apresenta a comparação de filas geradas no processo industrial 2. Os valores apresentados demonstram que o posto de trabalho 2 é o gargalo do processo produtivo. A diferença de valores desta tabela se justifica em função da taxa de chegada no ARIS ter sido ampliada forçadamente para assegurar que o processo tinha mais demanda que capacidade. No ARENA isto foi feito com uma taxa de chegada

exponencial (não disponível no ARIS), o que assegurou uma ocupação permanente do sistema.

Tabela 33 - Fila formada no processo industrial 2

Fila do cenário 3	ARIS SIMULATOR	ARENA
Processo Industrial 2	23	7,5

A Tabela 34 apresenta a quantidade de entidades processadas (neste caso, bobinas produzidas) neste cenário.

Tabela 34 - Entidades processadas

	ARIS SIMULATOR	ARENA
Entidades Processadas	15	19

OBS.: Os resultados aqui apresentaram variabilidade como esperado, visto que a simulação é estocástica, com ocorrência de flutuações estatísticas, decorrentes do tipo de distribuição de probabilidade. Vale ressaltar mais uma vez que os resultados do Arena são o produto de 5 replicações, ou seja, o resultado do ARIS Business Simulator pode ser o resultado de uma das replicações do ARENA, tendo em vista, que o ARIS não faz replicações.

A Tabela 35 apresenta os valores da taxa de utilização dos recursos atrelados as etapas dos processos. Cabe ressaltar que o recurso 1 está dedicado ao processo industrial 1 e o recurso 2 dedicado ao processo industrial 2. Os valores, em ambas as ferramentas, apresentam grande semelhança.

Tabela 35 - Taxa de utilização dos recursos

Taxa de utilização dos recursos		
Taxa de utilização	ARIS SIMULATOR	ARENA
Recurso 1	60,4%	56,8%
Recurso 2	57,4%	55,1%

Vale ressaltar que no ARIS Business Simulator são utilizados dois recursos para equivaler ao recurso 1, portanto o dado da Tabela 35 é uma média de tais recursos.

7 Avaliação da Ferramenta ARIS Simulator

Neste capítulo está apresentada a avaliação da ferramenta ARIS Business Simulator. A avaliação consistiu em uma etapa quantitativa na qual os especialistas se reuniram em um grupo de foco e atribuíram notas para os critérios de avaliação definidos. Em um segundo momento, foi realizada uma avaliação qualitativa, com levantamento de pontos fortes e fracos, e uma análise da ferramenta com recomendações de uso.

7.1 Critérios

Para avaliação de um software, a Engenharia de Software leva em consideração o atendimento aos requisitos do negócio, que por sua vez se subdividem em requisitos funcionais e requisitos não funcionais. Os requisitos funcionais são as funcionalidades que a ferramenta possui, dizem respeito a como o cliente vai fazer uso da mesma. Os requisitos não funcionais são ditos como as qualidades do software e dizem respeito, a por exemplo, performance, segurança, usabilidade entre outros. Os requisitos aqui discutidos foram baseados em estudos de Paim [2002], Kerremans & McCoy [2007], Becker *et al.* [2003 *apud* Jansen-Vullers & M.H., Netjes, M., 2006] e em outros critérios julgados convenientes para a análise da ferramenta. Para que possam ser compreendidos os critérios, faz-se necessários explicá-los. As Tabela 36 e 37 explicam os critérios e seus significados.

Tabela 36 - Descrição dos critérios funcionais

Descrição dos Critérios	
Funcionais	
Criação de scripts/macros	Permite a criação de scripts, relatórios e macros pelos usuários
Integração com Microsoft Office	Possui API's para integração com Excel
Integração com outras ferramentas de simulação	Possui API's que permitem exportar/importar modelos de outras ferramentas de simulação
Simulação Discreta	Permite realizar simulação de eventos discretos
Simulação Contínua	Permite realizar simulação de eventos contínuos
Análise de dados de entrada	Possui mecanismos de apoio a análise dos dados de entrada (série histórica) permitindo definir a distribuição de probabilidade a ser utilizada
Análise dos dados de saída	A partir da saída dos principais índices de desempenho, permite que ao final da simulação sejam identificados os problemas do processo produtivo
Geração de replicações	Gera diversas replicações para um mesmo cenário de simulação
Simulação em tempo real	Realiza simulação de um cenário em tempo real

Tabela 37 - Descrição dos critérios não-funcionais

Descrição dos Critérios	
Não-Funcionais	
Variedade de notações de modelagem	Permite a utilização de diversos padrões de notação de modelagem (BPMN, UML, etc.)
Qualidade de informações geradas	A quantidade de informações geradas é suficiente para uma tomada de decisão
Quantidade de distribuições de probabilidade	A quantidade de distribuições de probabilidade que o software disponibiliza para o usuário é ideal
Qualidade da Animação	Animação lúdica , de fácil entendimento e que facilita a absorção do modelo
Suporte à utilização	Possui "help" que permite o entendimento das ações a serem realizadas e apoia a utilização da ferramenta
Tempo de processamento satisfatório	O desempenho do software rodando um cenário de simulação é satisfatório
Facilidade de utilização	Intuitivo e de utilização é fácil e com interface amigável
Mecanismos de consistência das informações	Permite verificar consistência das informações armazenadas na base de dados
Administração da base de dados	Possui facilidades de administração da base de dados
Apoio metodológico	Existência de metodologia associada com possibilidade de identificação da mesma
Similaridade com a Realidade	Se os modelos conseguem demonstrar a realidade do processo
Pertence a uma "suite" de ferramentas BPMS	Compõe junto com outras ferramentas um grupo que suporta vários tipos de aplicação (modelagem, simulação, implementação, etc)
Quantidade de publicações existentes	Existência de publicações (artigos acadêmicos, revistas, white papers, etc) sobre a utilização do software

As razões que motivaram os avaliadores a darem notas altas ou baixas nos critérios foram as seguintes:

Tabela 38 - Atributos de nota dos critérios I

Atributos de Nota	
Criação de scripts/macros	Notas Altas - Criação de scripts mais completos. / Notas Baixas - Scripts com uma menor quantidade de informações.
Integração com Microsoft Office	Notas Altas - Possui integração com vários componentes do Office. / Notas baixas - Pouca ou Nenhuma integração com componentes do Office.
Integração com outras ferramentas de simulação	Notas Altas - Possui integração com várias ferramentas de simulação. / Notas baixas - Pouca ou Nenhuma integração com ferramentas de simulação.
Simulação Discreta	Notas Altas - Realiza simulação discreta de forma completa / Notas Baixas - Não realiza ou realiza algum tipo de simulação discreta.
Simulação Contínua	Notas Altas - Realiza simulação contínua de forma completa / Notas Baixas - Não realiza ou realiza algum tipo de simplório de simulação contínua.
Análise de dados de entrada	Notas Altas - Análise completa dos dados de entrada / Notas Baixas - Pouca ou nenhuma análise dos dados de entrada.
Análise dos dados de saída	Notas Altas - Análise completa dos dados de saída / Notas Baixas - Pouca ou nenhuma análise dos dados de saída.
Geração de replicações	Notas Altas - Geração de replicações para um mesmo cenário de simulação / Notas Baixas - Não geração de replicações para um mesmo cenário de simulação.
Simulação em tempo real	Notas Altas - Realiza simulação de cenário em tempo real / Notas Baixas - Não realiza simulação de cenário em tempo real.

Tabela 39 - Atributos de nota dos critérios II

Atributos de Nota	
Variabilidade de notações de modelagem	Notas Altas - Possui vários padrões de notações. Notas Baixas - possui apenas um padrão de notação disponível.
Qualidade de informações geradas	Notas Altas - Os dados gerados são trabalhados e transformados em informações que possibilitam à tomada de decisão. Notas Baixas - O software fornece simplesmente uma massa de dados sem qualquer tipo de trabalho ou formatação, impossibilitando tomada de decisão
Quantidade de distribuições de probabilidade	Notas Altas - A quantidade de distribuições de probabilidade disponibilizadas pelo software é adequado a praticamente todos os fenômenos. A quantidade de distribuições de probabilidade disponibilizadas é insuficiente, tornando-se impossível modelar a maioria dos problemas.
Qualidade da Animação	Notas Altas - O software possui uma animação clara e que permite maior compreensão do processo. Notas Baixas - O software não possui ou possui uma animação que em nada contribui para a melhor compreensão do processo.
Suporte à utilização	Notas Altas - O software possui um help adequado e que permite ao usuário aprender com facilidade a ferramenta. Notas Baixas - O help é confuso e não possibilita ao usuário uma boa compreensão da ferramenta.
Tempo de processamento satisfatório	Notas altas - O software executa a maioria das simulações sem demonstrar lentidão ou travar. Notas Baixas - O software apresenta lentidão e trava até nas simulações mais simples.
Facilidade de utilização	Notas Altas - O software possui uma interface autoexplicativa que permite que um usuário execute uma simulação em um primeiro contato com a ferramenta. Notas Baixas - O software possui uma interface confusa/complexa que demanda uma grande carga de horas de treinamento/prática até que o usuário consiga utilizá-lo.
Mecanismos de consistência das informações	Notas Altas - Grande consistência das informações armazenadas na base de dados. / Notas Baixas Pouca ou nenhuma consistência das informações armazenadas na base de dados.
Administração da base de dados	Notas Altas - Existência de base de dados com facilidade de administração em servidores / Notas Baixas - Não existência de base de dados e/ou dificuldade de administração da base de dados nos servidores.
Apoio metodológico	Notas Altas - Percebe-se claramente que há um método suportando a ferramenta. Notas Baixas - Ausência de qualquer tipo de método associado à ferramenta
Similaridade com a Realidade	Notas Altas - Se ao ver o modelo é possível entender perfeitamente como o processo funciona. Notas Baixas - O modelo em nada contribui para o conhecimento do processo.
Pertence a uma "suite" de ferramentas BPMS	Notas Altas - Ainda que superficialmente, o software se propõe a resolver diversos tipos de problemas. Notas Baixas - O software resolve um tipo específico de problema.
Quantidade de publicações existentes	Notas Altas - Grande número de publicações sobre a utilização do software. Notas Baixas - Pouca ou nenhuma publicação sobre o software.

7.2 Avaliações

O principal objetivo da matriz de avaliação foi analisar a ferramenta Aris Business Simulator através de critérios específicos. Em uma primeira rodada, a matriz de avaliação circulou por cada um dos integrantes da equipe e notas foram atribuídas de acordo com as percepções pessoais da ferramenta. Em uma segunda rodada, foi feita uma reunião para que fossem discutidos os critérios de avaliação, já que em alguns quesitos foi observada uma grande amplitude (maior que 2) entre a menor e a maior nota. Após essa reunião a amplitude foi diminuída e houve maior uniformidade nas avaliações.

Para os critérios acima, foram atribuídos graus de 1 a 5 (escala likert) conforme descrito abaixo:

Tabela 40 - Descrição das notas

A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 40.

Tabela 41 - Critérios funcionais I

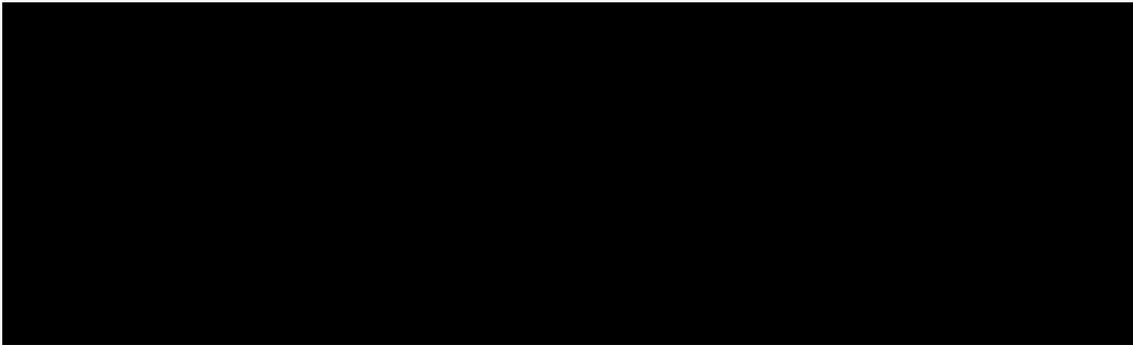
A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 41.

Tabela 42 - Critérios funcionais II

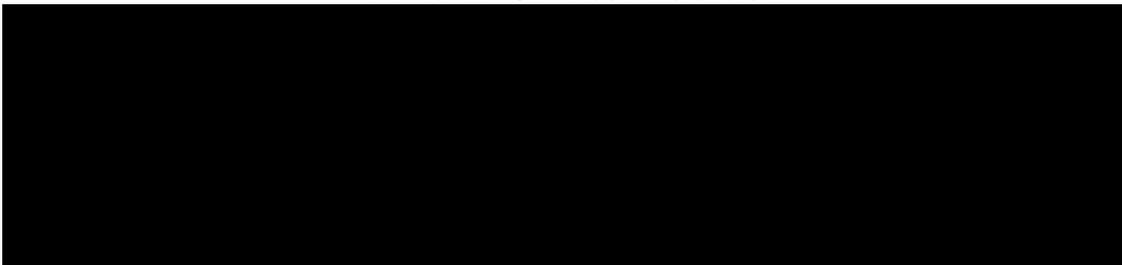
A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 42.

Tabela 43 - Critérios não-funcionais I

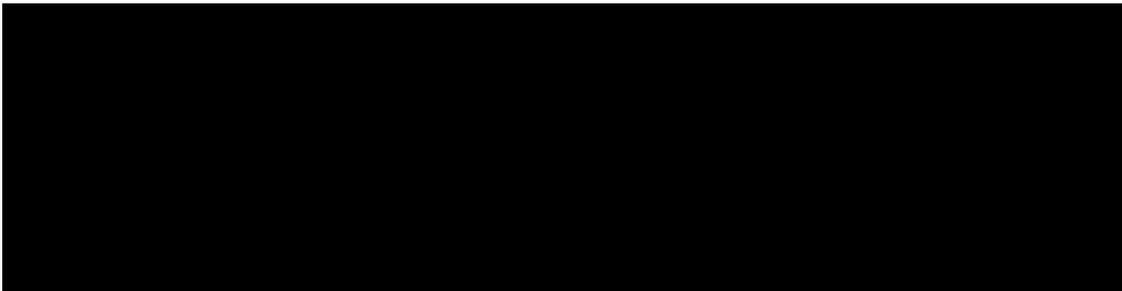
A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 43.

Tabela 44 - Critérios não-funcionais II

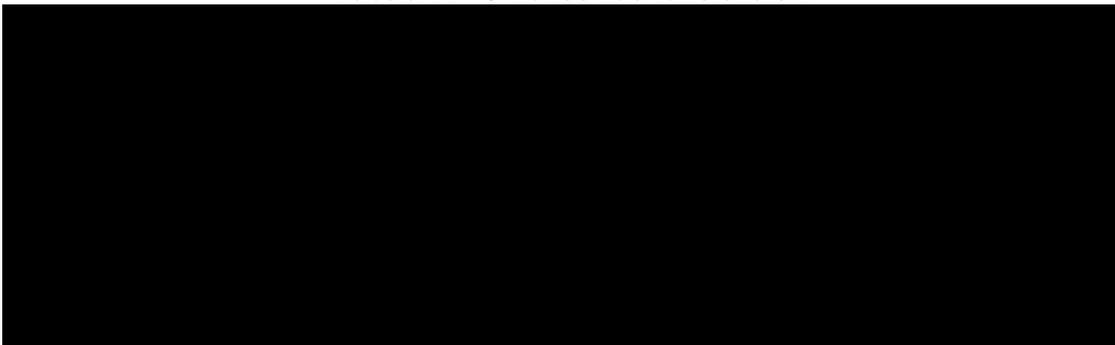
A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 44.

Tabela 45 - Critérios não-funcionais III

A large black rectangular redaction box covering the content of Tabela 45.

7.3 Método Utilizado

O método de avaliação consistiu, basicamente, em atribuições de notas comentadas de acordo com a investigação realizada do software. Tais notas são compiladas em médias para embasar uma avaliação da ferramenta. Além das notas, foi feita uma análise de caráter qualitativo visando a esclarecer alguns pontos da ferramenta. Além das notas atribuídas durante a reunião, foi realizada uma análise qualitativa sobre a ferramenta, identificando pontos fracos, pontos fortes, limitações e potencialidades.

A cada caso testado foi possível se aprofundar um pouco mais na ferramenta, devido à seqüência de casos apresentarem ordem crescente em termos de complexidade. No caso do corte e costura foi possível apenas entender os procedimentos básicos de uma simulação realizada no Aris Business Simulator. O caso Metalprop gerou uma gama maior de conhecimentos, permitindo à avaliação de outros recursos do software como “*capacity resource*”, “*Technical resource*” e a geração de replicações na ferramenta⁵.

7.4 Pontos fortes e fracos do ARIS Simulator

Em outra etapa de avaliação da ferramenta, foram levantados os pontos fracos e fortes da mesma. Essa lista foi gerada ao longo do projeto e é apresentada a seguir:

⁵ Na realidade foi concluído a partir da investigação da ferramenta que determinado conjunto de ações explicadas no Anexo VIII são consideradas as replicações da ferramenta. No entanto, vale ressaltar que a ferramenta não possui nenhum comando que permita a execução de replicações, sequer menciona esta palavra em sua ajuda.

7.4.1 Pontos Fortes

- A ferramenta faz parte de um pacote reconhecido e completo de modelagem, análise e melhoria de processos e isto facilita a integração das ações de desenho de processos;
- Os modelos podem ser representados em notações que são padrões reconhecidos no mercado, tais como o BPMN e o EPC;
- Há ganhos de escala⁶ no aproveitamento de modelos já representados no ARIS Toolset para simulação no ARIS Simulator;
- Os resultados estatísticos são apresentados assim que a simulação é finalizada e podem ser visualizados em forma de gráficos e tabelas.
- O tempo do processo pode ser configurado de acordo com o objetivo da simulação (static wait time, orientation time e processing time).
- A ferramenta permite a geração de relatórios para facilitar a análise do processo por meio do uso de recursos de scripts e macros;
- Há uma boa quantidade de distribuições de probabilidade na ferramenta e as existentes são as mais utilizadas para simulação;
- As estatísticas podem ser salvas em arquivo no formato “xml” ou “ csv”, o que permite a visualização pelo MS Excel.
- A exportação do modelo é feita com a geração de um arquivo no formato “xml”.
- A ferramenta pode ser configurada para aumentar seu desempenho. As funcionalidades de animação, caso dispensáveis podem desativadas. Isto permite um ganho de tempo considerável na execução da simulação.

7.4.2 Pontos fracos

- A ferramenta somente se aplica para processos simples, de baixa complexidade, o que não é a realidade da maioria das empresas que precisam de simulação e não é, em especial, a realidade dos processos da Petrobras;
- O profissional que utilizará a ferramenta precisa ter conhecimentos específicos para configurar e interpretar os dados.
- Apenas uma replicação é executada por simulação, que diminuiu a aderência e confiabilidade dos resultados da simulação.
- Para todo processo faz-se necessário existir uma entidade ligada com pelo menos um empregado associado, caso contrário a ferramenta coloca a disponibilidade de recurso como ilimitada.
- As estatísticas geradas com os dados de saída não são facilmente interpretadas e há necessidade de uma análise detalhada para entender cada cenário gerado.
- Há poucos relatórios pré-configurados para facilitar a análise o que demanda a criação de scripts e macros específicos para suportar a análise do problema.
- A ferramenta não calcula os custos. Há uma saída de dados de custos, mas é apenas um rótulo, o mesmo custo inserido é o que a ferramenta gera como output, em nada contribuindo para uma tomada de decisão.
- Comportamento anômalo apresentado conforme são aumentados os desvios-padrão. A explicação detalhada está no

⁶ No entanto, vale ressaltar que existem necessidades de modificações no modelo para a realização da simulação. O ganho de escala consiste no fato de já existir um modelo pronto no mesmo software onde será realizada a simulação.

Quadro 1 - O desvio-padrão no ARIS Business Simulator.

- A ferramenta não tem uma integração com outras ferramentas de simulação, ou seja, é necessário um aplicativo de apoio para que aconteça a integração.
- A ferramenta não faz simulação contínua, o que restringe as possibilidades de uso em processos (Leo desenvolver mais) e de melhoria⁷. Também não faz simulação em tempo real, o que impede seu uso para acompanhamento dinâmico e ágil de processos que demandam mudanças com rapidez, por exemplo, atendimentos e Call Centers.
- A quantidade de publicações acadêmicas e de mercado sobre a ferramenta é baixa. Isto indica que não há muitos estudos nem usuários da ferramenta. Não há documentação de suporte ao uso da ferramenta e a documentação disponível no manual é fraca e pouco explicativa.
- Não há uma ferramenta para análise dos dados de entrada, o que demanda uma ferramenta externa para determinação do tipo de distribuição mais adequada para os dados.
- As funcionalidades de animação são fracas, e não facilitam a análise visual do processo e tem uma interface numérica que precisa de explicação por não ser intuitiva.
- A baixa qualidade das informações geradas e apresentadas nos relatórios pode induzir à interpretações ambíguas, dificultando a tomada de decisão gerencial.

Em função dos pontos positivos e negativo, em síntese pode ser afirmado que a ferramenta Aris Business Simulator somente é recomendada para simulações de baixa complexidade e modelos de processos de negócio restritos, os pontos fracos superam os pontos fortes, demonstrando diversas limitações e restringindo o seu uso. É importante ressaltar que durante a avaliação por diversas vezes ocorreram travamentos e uma lentidão considerável, o que evidencia a necessidade de uma configuração adequada no servidor para que durante as simulações esses problemas não ocorram.

⁷ Para a Petrobras seria interessante um software de Simulação contínua para representar o fluxo de Petróleo.

Quadro 1 - O desvio-padrão no ARIS Business Simulator

O primeiro cenário do caso MetalProp revelou algo bastante intrigante e que revela um defeito grave da ferramenta. Visto que o ARIS Business Simulator não realiza mais de uma replicação (o que poderia ser chamado de replicações seria o caso de colar como "*Definition copy*" Diversas vezes o mesmo modelo em uma única aba), ou seja, se forem estabelecidos uma média e um desvio-padrão (caso de uma distribuição normal, por exemplo) o resultado da simulação será sempre o mesmo. Isto levou a equipe a alguns questionamentos do tipo: O que acontece conforme o desvio - padrão é variado? A resposta a princípio seria óbvia. A amplitude em torno da média deveria aumentar e as respostas obtidas deveriam ser maiores, menores ou iguais a média sem uma regra específica, de maneira aleatória. Para a surpresa da equipe, este não foi o corrido. Foi realizado um estudo minucioso com uma tabela de desvios, que variaram de 0 a 44 min (tempo de processamento do Processo Industrial 1. No Processo Industrial 2 foi utilizado um tempo de processamento de 39 min e desvio padrão 0. Não foi utilizado nenhum outro tempo durante este teste.), com média fixa em 47 min. Foi obtido o seguinte resultado:

Tabela 46 - Desvios-padrão e entidades processadas

Desvios - padrão	Entidades processadas
0	91
2	92
4	92
6	93
8	93
10	94
12	94
14	95
16	96
18	96
20	97
22	97
24	98
26	99
28	100
30	101
32	102
34	103
36	104
38	105
40	106
42	107
44	109

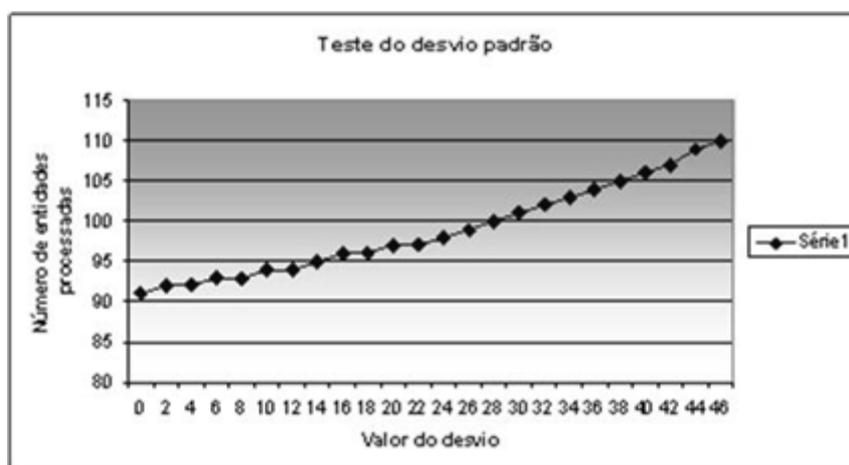


Gráfico 1 - Gráfico da tabela desvios-padrão/entidades processadas

O estudo mostrado pelo gráfico comprova uma distorção do software. Conforme o desvio-padrão é aumentado, o número de entidades processadas sobe ou se mantém sistematicamente.

7.5 Recomendações de uso

Com base no estudo, o ARIS BUSINESS SIMULATOR ainda é uma ferramenta que precisa ser aperfeiçoada, e na maioria dos casos, não é capaz de resolver o problema em questão. Entretanto, caso o problema seja simples o suficiente, por exemplo, o problema do corte e costura, o ARIS pode oferecer algumas soluções. Cabe ressaltar

que mesmo no problema do corte e costura, se algumas dimensões como “custo” forem adicionadas, o software perde a capacidade de resolver o problema. Em síntese, ao longo do relatório, foram descritos três casos, sendo um conceitual e dois casos reais de empresas. No caso conceitual e no primeiro caso empresarial (versão simplificada do caso real) o ARIS Simulator pode ser utilizado desde que haja um software ou planilha que trate as saídas de dados e as transforme em informações gerenciais. No entanto, a ferramenta é capaz de oferecer algumas soluções como, por exemplo, identificação de posto gargalo em alguns casos:

- Linhas de produção simples. Poucas e pequenas linhas onde se deseja testar mudanças simples como, por exemplo, acréscimo de recursos.
- Soluções de simulação quando uma remodelagem (No caso de remodelar para outro software de simulação) for causar retrabalho.

Em quaisquer outras situações o software não é recomendado.

8 Conclusões

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões após a pesquisa e avaliação da ferramenta ARIS Business Simulator.

8.1 Considerações gerais

Durante a realização do projeto, foi possível perceber que a Petrobras está migrando da modelagem para a melhoria de processos. O projeto em si é clara evidência deste fato e uma ferramenta de simulação é um mecanismo eficaz de melhoria de processos. Para apoiar a Petrobras nesta trajetória de melhoria, foi feita uma investigação da ferramenta Aris Business Simulator.

Tal investigação foi viabilizada com o projeto de pesquisa que contou com algumas etapas. Na primeira etapa da pesquisa, busca bibliográfica, foram analisados uma gama considerável de artigos onde grande parte propunha um método de simulação. A partir da leitura dos artigos e da identificação de um método para simulação, foi possível concluir que a modelagem deve ser mais qualitativa para entendimento de realidades complexas e que a simulação deve ser usada para partes mais específicas e delimitadas para, então, usar uma abordagem quantitativa. O Projeto abriu novas frentes de pesquisa para NP2Tec/GEOS, que ampliarão os estudos em Simulação de Processos de Negócios com recursos fornecidos pela FAPERJ.

8.2 Conclusões gerais do projeto

O projeto tinha como objetivo central a análise da ferramenta Aris Business Simulator para avaliação de suas potencialidades e limitações, o qual foi alcançado e permitiu ainda compará-lo com outras duas ferramentas o ARENA Simulation e o ALBPM. Desta análise, como visto, foi identificado que a ferramenta se aplica em situação de baixa complexidade e tem mais pontos negativos do que positivos, em especial, se comparada com ferramentas especializadas em simulação. O projeto permitiu também algumas conclusões específicas que estão a seguir apresentadas.

8.3 Conclusões específicas do projeto

O projeto contou com uma metodologia rigorosa para que seus resultados fossem robustos. Foi uma pesquisa que gerou produtos/resultados práticos para Petrobras. Entre estes produtos estão Manual Operacional, procedimentos padrão de simulação, relatório técnico detalhado avaliando a ferramenta e árvore de competências necessárias para conduzir uma simulação.

Caso a Petrobras opte por utilizar o software como uma solução em simulação, há um manual disponível e uma árvore de competências que indica o perfil do profissional apto a trabalhar com simulação de processos de negócios. Como principal produto este relatório que faz um diagnóstico das situações nas quais a ferramenta é recomendada, ou seja, o Aris Simulator é indicado para simulações de baixa complexidade e modelos de processos de negócio restritos.

8.4 Conclusões específicas da ferramenta

Uma das principais conclusões do projeto é a necessidade de um método estruturado para que uma simulação possa ser conduzida. Com relação à ferramenta, há a necessidade de um software de apoio ou planilha para que a massa de dados gerada pelo sistema possa constituir informação que possibilite uma tomada de decisão gerencial. Em um caso real, nem sempre a o problema a ser resolvido envolve a formação de fila. Em alguns casos, como por exemplo, o de movimentação de carga, a solução passava por aumentar a taxa de utilização de recursos.

8.5 O método desenvolvido

A busca bibliográfica focou em levantar os métodos utilizados para realização de uma simulação e como fazê-lo, assim foi possível desenvolver um método que permeasse as principais etapas para a realização de uma simulação, apoiando assim a análise da ferramenta Aris Business Simulator.

Com isso, para que um projeto de simulação seja bem sucedido, é necessário que o problema seja entendido de forma qualitativa para que possam ser designadas as diretrizes para a simulação. Para que a Petrobras possa avançar na trajetória da gestão de processos (progredir da modelagem para a melhoria de processos), uma solução seria que o escritório de processos treinasse os profissionais de modelagem em simulação de processos.

Ao utilizar um método, a gestão/uniformização do conhecimento fica facilitada, aumentam-se as chances de que todos trabalhem da mesma forma e diminuem os retrabalhos. Neste sentido, justifica-se a proposição de um método de simulação ao final deste projeto, gerado a partir do trabalho de diversos autores e de impressões dos pesquisadores que atuaram no projeto. O Método acabou ganhando grande importância e virou um *book* no padrão Petrobras que ajudará a empresa na condução de projetos de simulação.

Vale ressaltar que as notas atribuídas na avaliação foram fruto de experiências comparativas com o software ARENA Simulation.

8.6 Necessidade de software de apoio para ferramenta

Durante o projeto, começou-se a construir um modelo de planilha (há necessidade de aperfeiçoamento) para coleta de dados:

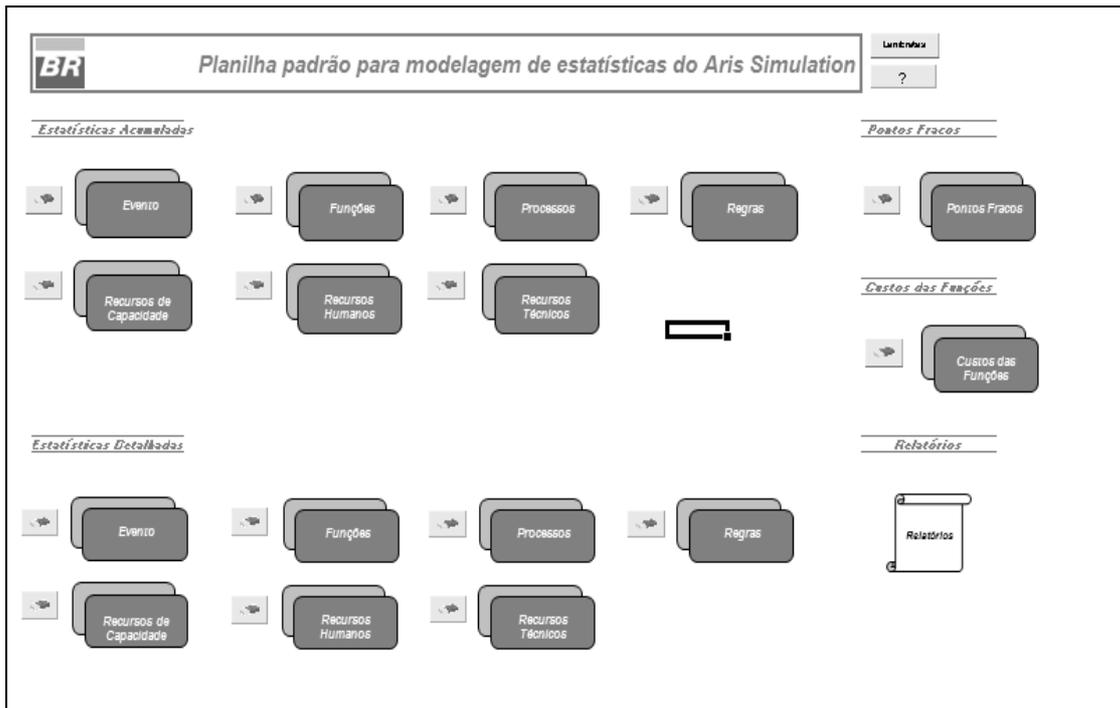


Figura 19 - Planilha de modelagem da massa de dados

A idéia principal é que a planilha forneça um relatório estruturado das estatísticas mais importantes:

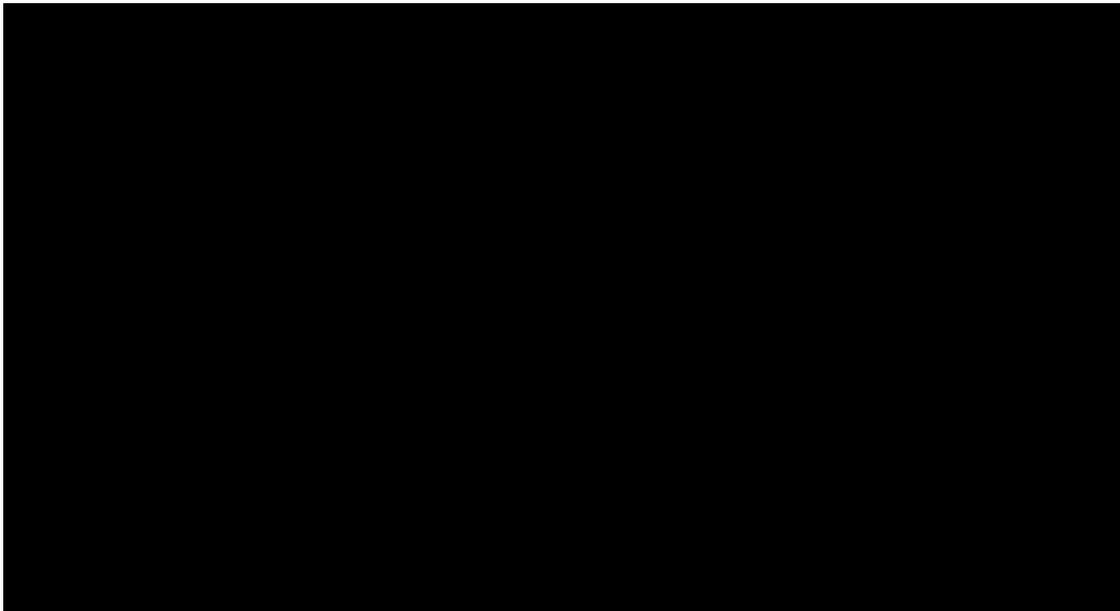


Figura 20 - Relatórios estruturados

Uma funcionalidade importante da planilha seria a indicação do processo gargalo, indicando já alguma decisão gerencial a ser tomada. Na planilha consta um exemplo. Vale ressaltar que como a simulação necessita de uma geração eficiente de informações é fundamental que a Petrobras adquira um software de apoio ou uma planilha parecida com a desenvolvida durante o projeto. Sem uma ferramenta de apoio para o tratamento dos dados de saída a simulação não possui muita utilidade.

8.7 Aumento da utilização de recursos

A simulação é usualmente conduzida em processos onde há formação de fila. Outra aplicação para a simulação seria em um estudo de caso onde há sobra de capacidade e há necessidade de testes para melhor utilização de recursos. Neste ponto, pode-se concluir que o problema real da movimentação de carga foi o que mais contribuiu para esta aplicação, pois neste caso, foi testado o aumento da utilização de recursos com grande ociosidade

8.8 Recomendações de estudos futuros

Como produto do projeto, foi gerada uma árvore de competências do profissional de simulação. Um estudo interessante seria que uma mesma árvore fosse construída para o profissional de gestão de processos. Ao final, as competências seriam cruzadas e resultaria em um diagnóstico indicando se este profissional estaria apto a trabalhar com simulação de processos.

Como limitações do estudo, ressalta-se que não foram avaliadas outras ferramentas para saber o posicionamento do ARIS Business Simulator. Outro estudo que poderia ser conduzido seria distribuição de questionários para usuários da ferramenta ou entrevistas com especialistas.

Ao final da pesquisa, pode-se concluir que o ARIS Business Simulator é uma ferramenta de simulação que ainda está bem defasado em relação às ferramentas mais conceituadas do mercado. O uso desta ferramenta não é recomendado para a condução de projetos de simulação.

Há poucos testes do método desenvolvido. O método foi seguido apenas em um caso (Metalprop) e precisa ser mais testado para que se saiba, de fato, se a utilização de um método estruturado contribui para um projeto de simulação.

Durante a realização do projeto, foi possível perceber que uma ferramenta de simulação é um mecanismo eficaz de melhoria de processos. Para apoiar a Petrobras nesta trajetória de melhoria, foi feita uma investigação da ferramenta Aris Business Simulator. Tal investigação foi viabilizada com o projeto de pesquisa que contou com algumas etapas. Na primeira etapa da pesquisa, busca bibliográfica, foram analisados vários artigos onde grande parte propunha um método de simulação. A partir da leitura dos artigos e da construção de um método para simulação, foi possível concluir que a modelagem deve ser mais qualitativa para entendimento de realidades complexas e que a simulação deve ser usada para partes mais específicas e delimitadas para, então, usar uma abordagem quantitativa.

Em relação à ferramenta Aris Simulator, há a necessidade de um software de apoio para que a massa de dados gerada pelo sistema possa constituir informação que possibilite uma tomada de decisão gerencial. Há a limitação em relação a ferramenta ser utilizada em simulações de baixa complexidade, os resultados precisam ser tratados para uma análise adequada do cenário gerado e existe a dificuldade de integração com outras ferramentas de simulação, torna a ferramenta restrita a algumas aplicações.

A ferramenta possui como objetivo da simulação: tempo, custo ou recursos, ou seja, suas configurações estão focadas nesses três pontos.

Para realizar a simulação e interpretar de forma adequada seus resultados, é necessário que o usuário tenha conhecimento de estatística e probabilidade para que os resultados apoiem a tomada de decisão adequada de acordo com o cenário gerado.

Ao final da pesquisa, pode-se concluir que o ARIS Business Simulator é uma ferramenta de simulação que está defasada em relação às ferramentas mais específicas de simulação, sendo seu uso recomendado apenas em casos simples na organização.

O projeto de pesquisa alcançou o objetivo de analisar a ferramenta Aris Business Simulator, compará-la com outras ferramentas, desenvolveu um Manual Operacional e gerou um Método para realizar simulações de forma a apoiar o usuário, assim como desenvolveu uma Árvore de Competências com os conhecimentos necessários em cada etapa do Método.

Referências Bibliográficas

- Ackoff, R. L., Sasieni, W., L. 1968. **Fundamentals of Operations Research**, John Wiley and Sons Inc.
- Aguilar, M., Rautert, T., e Pater, A.J.G.. 1996. **Business Process Simulation: A Fundamental Step Supporting Process Centered Management**. Winter Simulation Conference, Phoenix, Arizona, United States, pp. 1383 - 1392.
- Bastos, A. & Cameira, R. 2000. **Análise de ferramentas de modelagem para processos de negócios**, Grupo de Produção Integrada/COPPE-EE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Becker, J. Kugeler, M. and Rosemann, M. **Process Management - A guide for the design of business processes**. Springer-Verlag: Berlin, 2003.
- Becker, J., Rosemann, M., von Uthmann, C.: **Guidelines of Business Process Modeling**. In Aalst, W., Desel, J., Oberweis, A., eds.: **Business Process Management, Models, Techniques, and Empirical Studies**. Volume 1806 of Lecture Notes In Computer Science., Springer Verlag (2000) 30-49
- Biolchini, J., Mian, P.G., Natali, A.C.C. e Travassos, G.H. 2005. **Systematic Review in Software Engineering**, COPPE/UFRJ.
- Blechar, J.M 2007. **Magic Quadrant for Business Process Analysis Tools**. Gartner, 8 de Junho, Número G00148777.
- Brito, V. 2007. Aplicação de simulação como ferramenta de apoio à elaboração de um planejamento estratégico de capacidade. CEL - COPPEAD.
- Carson II, J. S., 2005 **Introduction to Modeling and Simulation**. Proceedings of the 2005 winter simulation conference
- Davenport, T.H.1993. **Process Innovation**, Harvard Business School Press. Boston.
- Freitas Filho, P.J. 2001. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicação em Arena, Florianópolis, Visual Books.
- Giaglis, G.M., Hlupic, V., Vreede, G., Verbraeck, A. 2005. **Synchronous design of business processes and information systems using dynamic process modelling**. *Business Process Management Journal*, Volume 11, Number 5, pp. 488-500.
- Jansen-Vullers, M.H., Netjes, M., 2006 - **Business Process Simulation - A Tool Survey** Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology P.O. Box 513, NL-5600 MB, Eindhoven, The Netherlands.
- Kerremans, M. e McCoy, D.W., 2008. **The Why, When and How of Business Process Simulation**. Gartner, 24 de Março, Número G00153456.
- Law, A.M. & Kelton, W.D. editors. **Simulation modeling and analysis**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Pai, M., McCulloch, M. Gorman, J.D, McCulloch M, Gorman JD, Pai N, Enanoria W, Kennedy G, Tharyan P, Colford JM Jr. 2004. **Systematic Reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide**, *The National Medical Journal of India*, Volume 17, Número 2.
- Paim, R. 2002. **Engenharia de Processos: análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos**. Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ.
- Paim, R., Cameira, R., Clemente, A. e Clemente, R. 2002. **Engenharia de Processos de Negócios: Aplicações e Metodologias**, XXII ENEGEP, Curitiba, Brasil.
- Paim, R. 2007. **As tarefas para gestão de processos**. Rio de Janeiro: Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ.
- Pegden, C.D., 1995. **Introduction to simulation using SIMAN**, New York, McGraw-Hill Companies.

- Perin Filho, C. **Introdução a Simulação de Sistemas**. Campinas, Editora da Unicamp, 1995.
- Pidd, M. 1998. Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Bookman.
- Prado, D. 2004. **Usando o ARENA em simulação**. Belo Horizonte: INDG.
- Raffo, D.M., Kellner, M.I. 1999. **Empirical analysis in software process simulation modeling**. Journal of Systems and Software, Volume 53, Número 1, pp. 31-41.
- Scheer, IDS: [http://www.ids-scheer.com/pt/ARIS/ARIS_Software/ARIS_Business_Simulator/55422.html?mod_src h\[result_link\]=1](http://www.ids-scheer.com/pt/ARIS/ARIS_Software/ARIS_Business_Simulator/55422.html?mod_src h[result_link]=1)
- Saliby, E., 1999. Tecnologia de Informação: **uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas**, Revista Tecnológica.
- Serrano, A., den Hengst, M. 2005. **Modelling the integration of BP and IT using business process simulation**. Journal of Enterprise Information Management, Volume 18, Número 6, pp. 740-759.
- Steffen, D. A. 2005. Avaliação empírica do método utilizado na implantação da técnica de simulação computacional: Estudo de caso de uma empresa de mineração de lavra. Trabalho de conclusão de curso de Administração de Empresas, UNISINOS.
- Tumay, K. 1996, **Business process simulation**. Winter Simulation Conference, SCS, San Diego, CA, pp.93-98.
- Van Aken, J. E., Berends, H., Van Der Bij H. **Problem solving in organizations: a methodological handbook for business students**. Cambridge University Press, New York, 2007.
- Vernadat, F. B. 1996. Enterprise Modeling and Integration. London: Chapman & Hall.

Glossário

- Coleta de dados - É o processo de observar e registrar a medida das variáveis relacionadas ao objeto de estudo que ocorrem em unidades de uma amostra, ou seja, a forma de levantar os dados para a simulação.
- Diagramas de processo - Forma de representação das atividades que compõe um processo.
- Distribuição de probabilidade - função probabilística que modela a probabilidade de ocorrência de um ou mais eventos.
- Medidas de desempenho - Variável que indica o desempenho do processo.
- Modelo de processo - Retrata a forma de execução das atividades de um determinado processo.
- Modelo de simulação - Representa o processo com todas as distribuições de probabilidades aplicadas e os recursos inseridos nas suas atividades.
- Processos de negócio - Conjunto de ações executadas com um determinado objetivo para a geração de um produto/serviço.
- Processo simulado - Conjunto de atividades simuladas a partir dos dados de entrada e que geraram um conjunto de resultados de saída.
- Simulação de processos - Modelo computacional que visa representar a execução das atividades de um processo, identificando possíveis situações de gargalo do problema real.
- Validação do modelo de simulação - Verificação da aderência do modelo desenvolvido com o observado na realidade.

Anexo I – Revisão Sistemática

Introdução

A simulação é cada vez mais adotada nas organizações como forma de construir diversos cenários e apoiar os gestores nas tomadas de decisão. Os cenários podem ser os mais complexos possíveis, pois apoiados por softwares e estatística possibilitam prever bons ou maus resultados e evitar desperdício com ações ineficazes.

Objetivo do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo investigar, através da aplicação de uma revisão sistemática da literatura [Biolchin *et al.*, 2005] quais as características dos métodos e ferramentas para Simulação de Processos. Quais os problemas têm sido discutidos nestas pesquisas.

Protocolo de Revisão Sistemática de Literatura

Será adotada uma abordagem que estrutura a questão de pesquisa em quatro elementos básicos: população, intervenção, comparação e resultado, conforme sugestões de [Biolchin *et al.*, 2005] e detalhados em [Pai *et al.*, 2004].

Objetivo

Identificar de maneira geral os problemas sendo discutidos nas pesquisas em métodos e ferramentas na área de Simulação de Processos de Negócio.

Formulação da Pergunta:

Quais são os problemas sendo discutidos nas pesquisas em métodos e ferramentas na área de Simulação de Processos de Negócio?

Problema:

Encontrar relatos de pesquisas em métodos e ferramentas na área de Simulação de Processos de Negócio e identificar ferramentas e métodos sendo aplicados.

Aplicação:

Servir de base ou apoiar as pesquisas do projeto de Simulação de Processos da Petrobras.

População: Projetos e iniciativas de pesquisa.

Intervenção: Pesquisas com temática principal em Simulação de Processos de Negócio.

Comparação: não há.

Resultado: lista de métodos e ferramentas abordados pelas pesquisas encontradas.

Controle: referências lidas.

Seleção de Fontes: As fontes serão bases de dados eletrônicas, bases de dados disponíveis no portal CAPES, incluindo conferências, *journals* e relatórios técnicos indexados por:

1. Google
2. Google Scholar
3. Base CAPES

4. Gartner Group
5. Business Process Management Journal
6. Business Process Re-engineering & Management Journal
7. Industrial Management
8. International Journal of Management Science - OMEGA
9. International Journal of Operations and Production Management
10. International Journal of Value-Based Management
11. Journal of Operations Management
12. Journal of Process Control
13. Journal of Knowledge and Process Management
14. MIT Sloan Management Review
15. Harvard Business Review

Estas fontes foram escolhidas porque são as que se tem acesso para recuperação de referências, bem como maior facilidade para recuperação do texto completo do artigo quando fosse o caso. Além disso, estas fontes foram consideradas significativas no sentido de oferecerem publicações pertinentes e que podem contribuir significativamente para o resultado da pesquisa.

Idiomas: Inglês e Português. Em uma busca preliminar através do Google foram encontradas poucas referências em português sobre o tema.

Em português, podemos destacar a seguinte fonte:

Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)

Tipos de documentos: Qualquer tipo de trabalho ou artigo que faça abordagem sobre pesquisas em métodos e ferramentas na área de Simulação de Processos de Negócio.

Palavras-chave

População: research project, research, initiative, research initiative, work, research work, discussion, research discussion.

Intervenção: ARIS Business Simulator, Process modelling, Process simulation, Framework, Simulation Framework, ARIS Business Simulator and process modeling, Process simulation and process modeling, Simulation tools, Comparison of simulation tools, Simulation and process methods, Simulation Methods, Simulation Modelling, Simulation and Process Modelling, Simulation, BPS, BPA, BPM and BPS, Simulation and BPM, Comparison of BPM tools, BPM tools, Comparison of Simulation tools, IDS Scheer, Paragon, IBM and BPM and Simulation.

Resultado: issue, problem, hypothesis, aspect, idea, perspective, subject, argument, statement, formulation, position, proposal, suggestion, intention, matter, plan

Crítérios de Inclusão e Exclusão

1. Os documentos devem estar disponíveis na web ou em formato impresso.
2. Os documentos devem contemplar projetos ou iniciativas de pesquisa em Simulação de Processos de Negócio, Metodologia de Simulação, Estudos de Caso em Simulação.
3. Os documentos devem apresentar o problema endereçado pela pesquisa.

4. Processo de Seleção dos Estudos
5. O pesquisador aplicará a estratégia de busca para a identificação de potenciais documentos. Os documentos identificados serão selecionados pelo mesmo pesquisador através da leitura e verificação dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Posteriormente, a lista de documentos excluídos será avaliada por outro pesquisador. Em caso de conflito o documento será incluído.
6. Ao final, os documentos serão lidos pelos pesquisadores do projeto para extração de problemas endereçados pelas pesquisas em Simulação de Processos de Negócio.

Avaliação da Qualidade dos Estudos

Não será feita por tratar-se de uma pesquisa para fins de caracterização de objeto de estudo. Será considerado que as fontes dos documentos são confiáveis, e que os textos tenham passado por revisões externas que serviram de filtragem para que tenham qualidade suficiente para contribuir com a revisão sistemática.

Estratégia de Extração de Informações

Após a etapa de seleção dos artigos, cada componente do projeto elabora um resumo sobre um ou mais artigos e uma apresentação oral é realizada para o grupo.

Sumarização de Resultados

Os resultados serão tabulados. Serão realizadas análises para identificar os problemas mais relevantes para as pesquisas em Simulação de Processos de Negócio. Será considerada a frequência com que um problema tenha sido apontado por autores diferentes.

String de Busca

(Aris NEAR() Simulation) AND (Process NEAR() modeling) AND (Process NEAR() simulation) AND (Framework) AND (Simulation NEAR() Framework) AND (Aris NEAR() simulation AND process NEAR() modeling) AND (ProcessNEAR() simulation AND process NEAR() modeling) AND (Simulation NEAR() Modelling) AND (Simulation NEAR() Methods) AND (Simulation AND Process NEAR() Modelling) AND (Simulation) AND (BPS) AND (BPA) AND (BPM AND BPS) AND (Simulation AND BPM) AND (Comparison NEAR() of NEAR() BPM NEAR() tools) AND (BPM NEAR() tools) AND (Comparison NEAR() of NEAR() Simulation NEAR() tools) AND (Simulation NEAR() Tools) AND (Aris NEAR() Simulation) AND (IDS NEAR() Scheer) AND (Paragon) AND (IBM AND BPM AND Simulation)

Execução de Buscas

1. Avaliação das Strings de Busca
2. Execução das Buscas nas Bibliotecas Digitais
3. Análise dos Documentos Recuperados
4. Extração de Informações

Todas estas informações estão descritas na Planilha de Busca Bibliográfica.

Análise dos Resultados Obtidos

Os resultados obtidos mostram que a simulação é um tema de pesquisa realmente e as fontes que se destacam são: Business Process Management Journal e International

Journal of Operations and Production Management. Estes resultados podem ser visualizados na Planilha de Busca Bibliográfica.

Proposta de Caracterização Básica

A proposta deste estudo é desenvolver um método de simulação de processos de negócio apoiado na modelagem.

Conclusões

A pesquisa sobre simulação é um tema estudado por diversas áreas e com o intuito de apoiar a tomada de decisão. Para isso é necessário que se crie um método que atenda a demanda da organização e que aproxime o cenário criado a realidade, sem distorções de dados ou inconsistências.

Referências Bibliográficas

BIOLCHINI, J., MIAN, P.G., NATALI, A.C.C. E TRAVASSOS, G.H.. Systematic Review in Software Engineering, COPPE/UFRJ, 2005.

PAI, M. McCULLOCH, M. GORMAN, J.D. et al. Systematic Reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide, The National Medical Journal of India, vol. 17, n.2, 2004.

Planilha de resultado da Revisão Sistemática:

Busca refinada por periódico:

Busca de Artigos												
Portal Períodico	Emerald								Wilson Web			
	BPMJ				IJOPM				Industrial Management			
Crêrios de Busca	Title	Abstract	Keywords	Full Text	Title	Abstract	Keywords	Full Text	Title	Abstract	Keywords	Full Text
Aris Simulation	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Process modelling	0	0	0	194	2	16	0	339	0	0	0	0
Process simulation	9	127	0	207	1	28	0	324	0	0	0	0
Framework	19	70	0	279	52	199	0	884	21	118	122	122
Simulation Framework	0	2	0	59	0	3	0	170	0	0	0	0
Aris simulation and process modeling	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Process simulation and process modeling	0	0	0	0	1	5	0	162	0	0	0	0
Simulation tools	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Comparison of simulation tools	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation and process methods	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation Methods	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0
Simulation Modelling	0	0	0	9	38	5	0	38	0	0	0	0

	ScienceDirect				Springerlink		ScienceDirect				JPC			
	OMEGA				IJVBM		JOM							
	Title	Abstract	Keywords	Full Text	Title	Full Text	Title	Abstract	Keywords	Full Text	Title	Abstract	Keywords	Full Text
Aris Simulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Process modelling	0	11	0	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Process simulation	1	9	3	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Framework	15	65	7	301	0	58	9	67	3	322	5	69	0	291
Simulation Framework	0	1	0	63	0	2	0	1	0	0	51	0	20	0
Aris simulation and process modeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Process simulation and process modeling	0	1	0	86	0	0	0	3	0	62	1	16	4	367
Simulation tools	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8
Comparison of simulation tools	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation and process methods	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation Methods	0	1	0	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Simulation Modelling	0	3	0	20	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0

	Gale Group							
	MIT Sloan Management Review				Harvard Business Review			
	Title	Abstract	Keywords	Full Text	Title	Abstract	Keywords	Full Text
Aris Simulation	0	0	0	0	0	0	0	0
Process modelling	0	0	0	2	0	0	0	0
Process simulation	0	0	1	17	0	0	1	15
Framework	4	3	10	108	10	23	33	76
Simulation Framework	0	0	0	0	0	0	0	0
Aris simulation and process modeling	0	0	0	0	0	0	0	0
Process simulation and process modeling	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation tools	0	0	0	0	0	0	0	0
Comparison of simulation tools	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation and process methods	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation Methods	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation Modelling	0	0	0	0	0	0	0	0

Gartner	
	Full Text
Simulation Modelling	0
Simulation Methods	1
Simulation and Process Modelling	0
Simulation	348
BPS	4
BPA	62
BPM and BPS	0
Simulation and BPM	123
Comparison of BPM tools	0
BPM tools	59
Comparison of Simulation tools	0
Simulation Tools	32
Aris Simulation	0
IDS Scheer	31
Paragon	12
IBM AND bpm AND Simulation	25

Análise dos dados obtidos:

Legenda	Palavras-chaves
	"Arts Simulation"
	"Process modeling"
	"Process simulation"
	"Framework"
	"Simulation Framework"
	"Arts simulation and process modeling"
	"Process simulation and process modeling"

Análises e cruzamento de informações

Full Text	Ocorrências de Full Text por Journal e por palavras chaves						Total
	Arts Simulation	Process modeling	Process simulation	Framework	Simulation Framework	Arts simulation and process modeling	
Business Process Management Journal	1	194	207	279	0	0	681
Industrial Management	0	0	0	122	0	0	122
International Journal of Management Science - OMEGA	0	214	139	301	63	0	808
International Journal of Operations and Production Management	2	339	324	684	170	2	1883
International Journal of Value-Based Management	0	0	0	58	2	0	60
Journal of Operations Management	0	0	0	322	51	0	435
Journal of Process Control	0	0	0	291	240	2	900
MIT Sloan Management Review	0	2	17	108	0	0	127
Harvard Business Review	0	0	15	76	0	0	91
Total:	3	749	702	2441	526	4	677

Artigos Baixados por Journal/Portal	
Business Process Management Journal	5
Industrial Management	0
International Journal of Management Science - OMEGA	1
International Journal of Operations and Production Management	3
International Journal of Value-Based Management	0
Journal of Operations Management	1
Journal of Process Control	0
MIT Sloan Management Review	0
Harvard Business Review	0
Gartner	33
Outros	38
Total:	81

Artigos Filtrados por Journal	
Business Process Management Journal	5
Industrial Management	0
International Journal of Management Science - OMEGA	0
International Journal of Operations and Production Management	3
International Journal of Value-Based Management	0
Journal of Operations Management	0
Journal of Process Control	0
MIT Sloan Management Review	0
Harvard Business Review	0
Gartner	7
Outros	21
Total:	36

Porcentagem de Artigos Aproveitados	
Business Process Management Journal	100%
Industrial Management	0%
International Journal of Management Science - OMEGA	0%
International Journal of Operations and Production Management	100%
International Journal of Value-Based Management	0%
Journal of Operations Management	0%
Journal of Process Control	0%
MIT Sloan Management Review	0%
Harvard Business Review	0%
Gartner	21%
Outros	55%

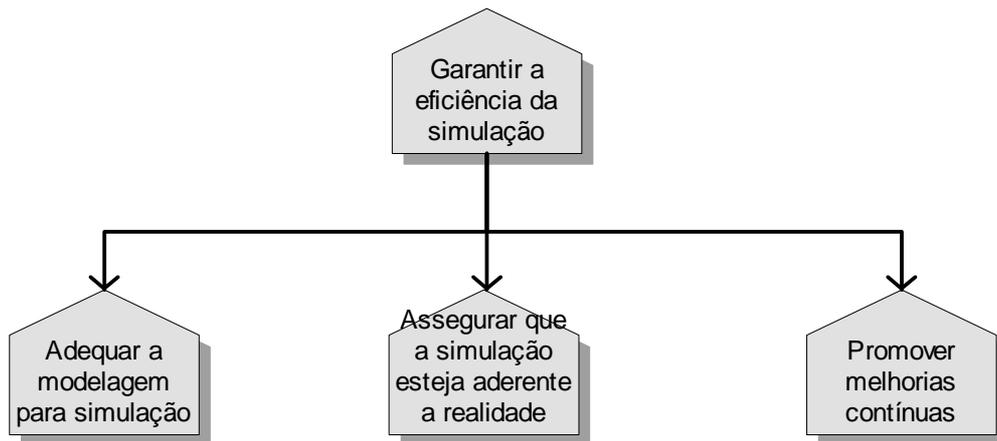
Ocorrências de Full Text por Journal e por palavras chaves																		
Journal	Arts Simulation	Process modeling	Process simulation	Framework	Simulation Framework	Arts simulation and process modeling	Process simulation and process modeling	BPA	BPS	BPM and BPS	Simulation and process modeling	Comparison of BPM tools						
Gartner	0	1	0	0	348	4	62	0	123	0	59	0	32	0	31	12	29	697

Journals	Ocorrências Full Text	Artigos Baixados	Artigos Selecionados
Business Process Management Journal	681	5	5
Industrial Management	122	0	0
International Journal of Management Science - OMEGA	803	1	0
International Journal of Operations and Production Management	1883	3	3
International Journal of Value-Based Management	60	0	0
Journal of Operations Management	435	1	0
Journal of Process Control	900	0	0
MIT Sloan Management Review	127	0	0
Harvard Business Review	91	0	0
Gartner	697	33	7
Outros	38	38	21

Anexo II – Método de Simulação modelagem realizada no Aris

1 Modelo de Objetivos

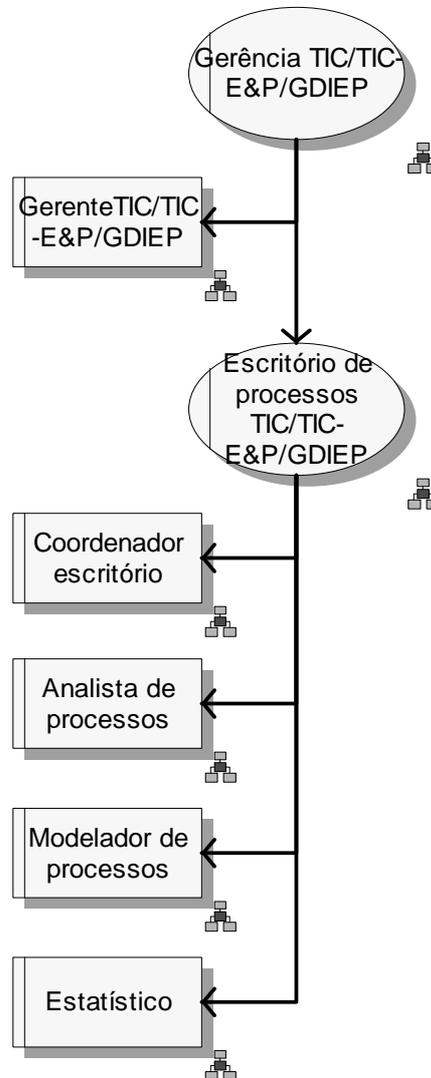
Neste diagrama estão estruturados todos os objetivos do processo Método de Simulação de processos de negócio.



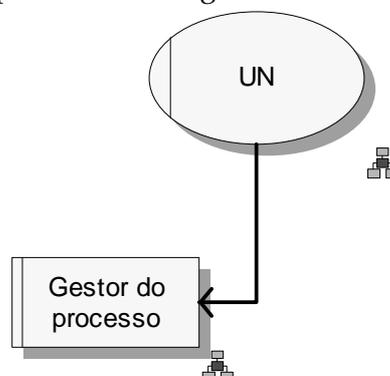
2 Estrutura Organizacional

2.1 Simulação

Neste diagrama está representada a estrutura organizacional da área da TIC/TIC-E&P/GDIEP.



Neste diagrama está representada a estrutura organizacional da área UN, que demandou a simulação de processos de negócio.



3 Macro-Processo: Método de Simulação

Este processo é responsável por descrever o Método de Simulação de processos de negócio gerado no projeto de pesquisa e é composto pelas seguintes etapas: Modelar processos de negócio para simulação, Selecionar medidas de desempenho, Realizar coleta de dados para simulação, Determinar distribuição de probabilidade dos processos, Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade, Realizar validação do modelo de simulação e Identificar melhorias no processo simulado.



3.1 Modelar processos de negócio para simulação

Este processo é responsável por remodelar algumas seqüências de passos do processo de negócio para construção do modelo de simulação.

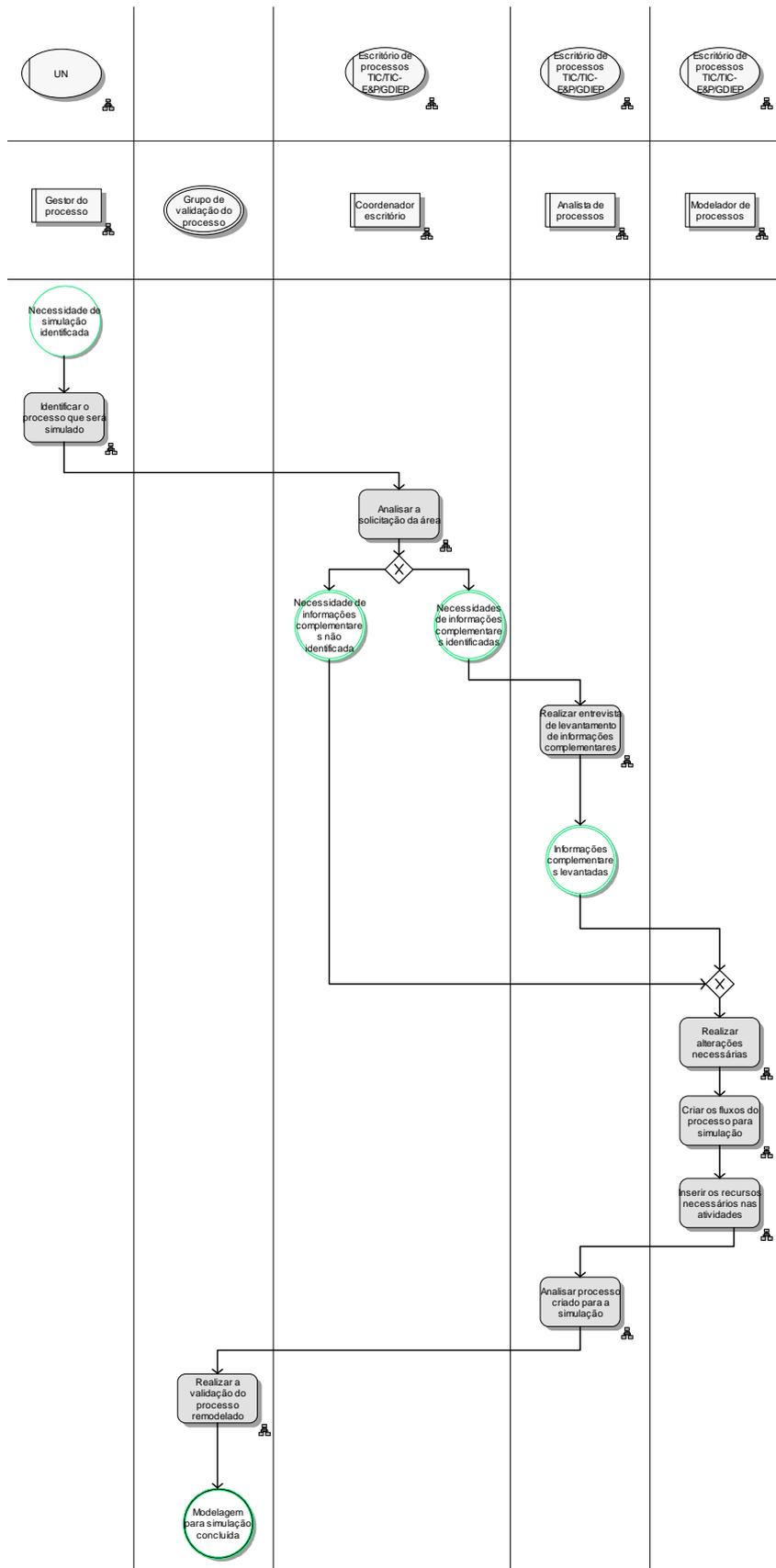
Este processo tem como objetivo realizar a remodelagem do processo selecionado para que este possa ser simulado.

O processo inicia com a necessidade de simulação identificada.

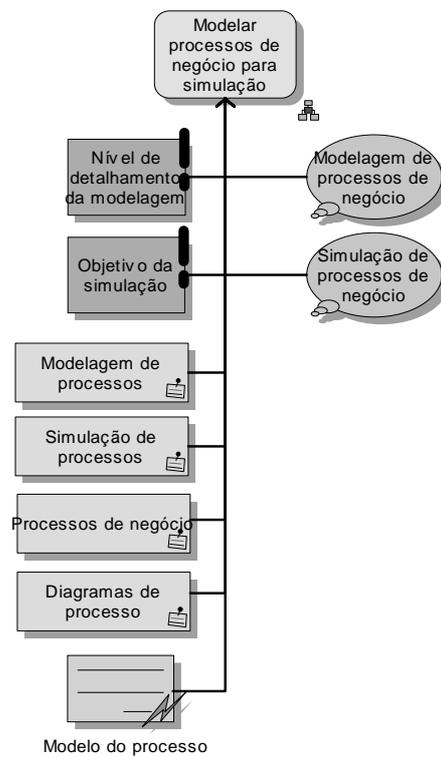
A partir daí, o gestor do processo identifica o processo que será simulado, o coordenador de escritório de processos analisa a solicitação da área do gestor, o analista de processos realiza, caso necessário, há a entrevista de levantamento de informações complementares sobre o processo, o modelador de processos realiza as alterações necessárias no processo cria os fluxos do processo para a simulação e insere os recursos necessários nas atividades.

O analista de processos analisa o processo criado para a simulação e realiza a validação do processo remodelado junto ao gestor do processo.

Ao final do processo, a modelagem para a simulação está concluída.



3.1.1 Detalhamento do processo Modelar processos de negócio para simulação

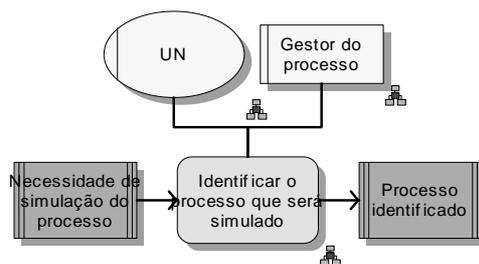


3.1.2 Identificar o processo que será simulado

O gestor do processo da área ser simulada identifica o processo que será simulado.

A informação necessária é: necessidade de simulação do processo.

A informação gerada é: processo identificado.

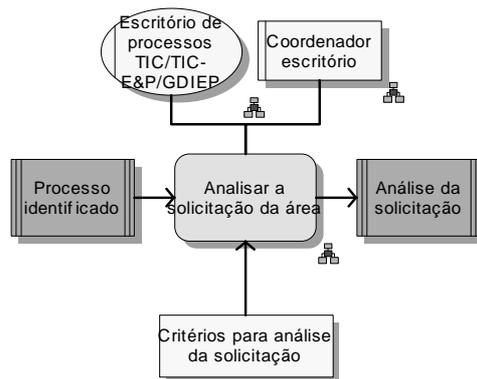


3.1.3 Analisar a solicitação da área

O coordenador do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP realiza a análise da solicitação da área do gestor.

A informação necessária é: processo identificado.

A informação gerada é: análise da solicitação.

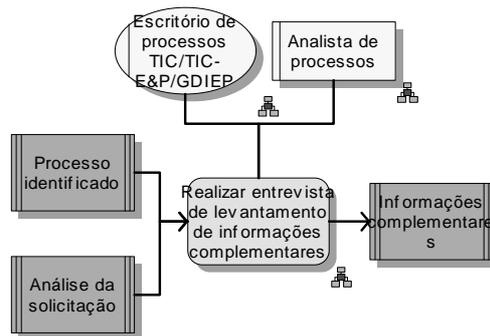


3.1.4 Realizar entrevista de levantamento de informações complementares

Caso seja necessário, o analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP realiza a entrevista de levantamento de informações complementares sobre o processo. As informações a serem levantadas serão referentes as atividades e aos recursos utilizados.

As informações necessárias são: processo identificado e análise solicitada.

As informações geradas são: novas informações sobre o processo.



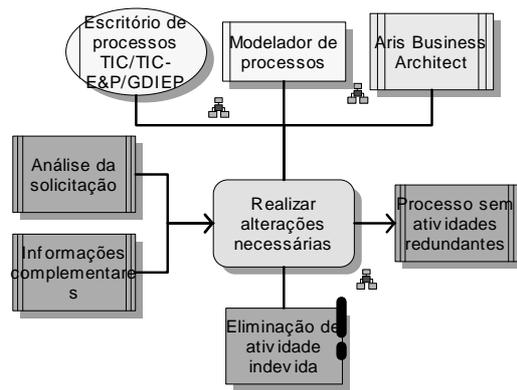
3.1.5 Realizar alterações necessárias

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP elimina as atividades redundantes no processo operacional para ficar aderente à simulação.

As informações necessárias são: novas informações sobre o processo.

A informação gerada é: processo sem atividades redundantes.

O sistema Aris Business Architect apóia a atividade nas modificações necessárias na modelagem do processo.



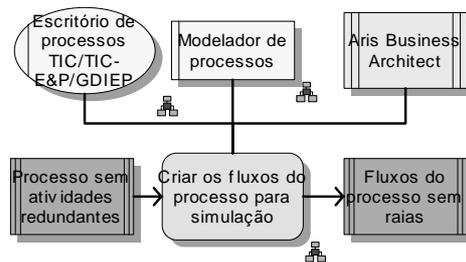
3.1.6 Criar os fluxos do processo para simulação

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP cria os fluxos do processo sem raias e não utiliza o operador lógico XOR.

A informação necessária é: processo sem atividades redundantes.

As informações geradas são: os fluxos do processo sem raias.

O sistema Aris Business Architect apóia na modelagem de processos de negócio, desenvolvendo os diagramas dos os fluxos do processo com foco na simulação.



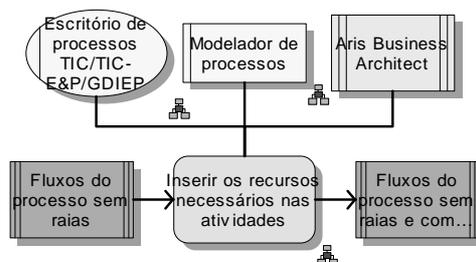
3.1.7 Inserir os recursos necessários nas atividades

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP aloca os recursos de acordo com as atividades.

As informações necessárias são: os fluxos do processo sem raias.

As informações geradas são os fluxos do processo sem raias e com recursos.

O sistema Aris Business Architect apóia na modelagem de processos de negócio, possibilitando inserir os recursos nas atividades para sua execução.

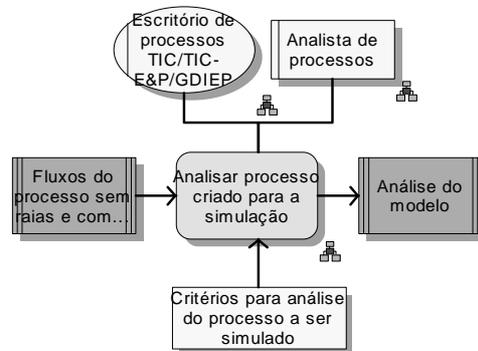


3.1.8 Analisar processo criado para a simulação

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP analisa o modelo gerado com foco na simulação para apoiar à tomada de decisão da área solicitante.

As informações necessárias são: os fluxos do processo sem raias e com recursos.

A informação gerada é: análise do modelo.

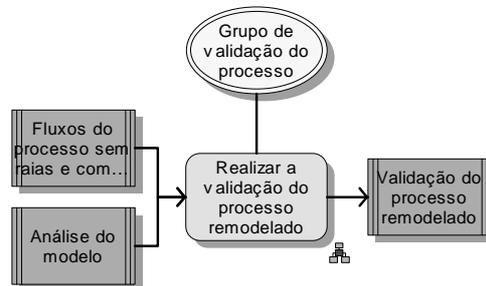


3.1.9 Realizar a validação do processo remodelado

O analista de processos junto com o gestor do processo realiza a validação com a área solicitante para validar o processo modelado.

As informações necessárias são: os fluxos do processo sem raias e com recursos e análise do modelo.

A informação gerada é: validação do processo remodelado.



3.2 Selecionar medidas de desempenho

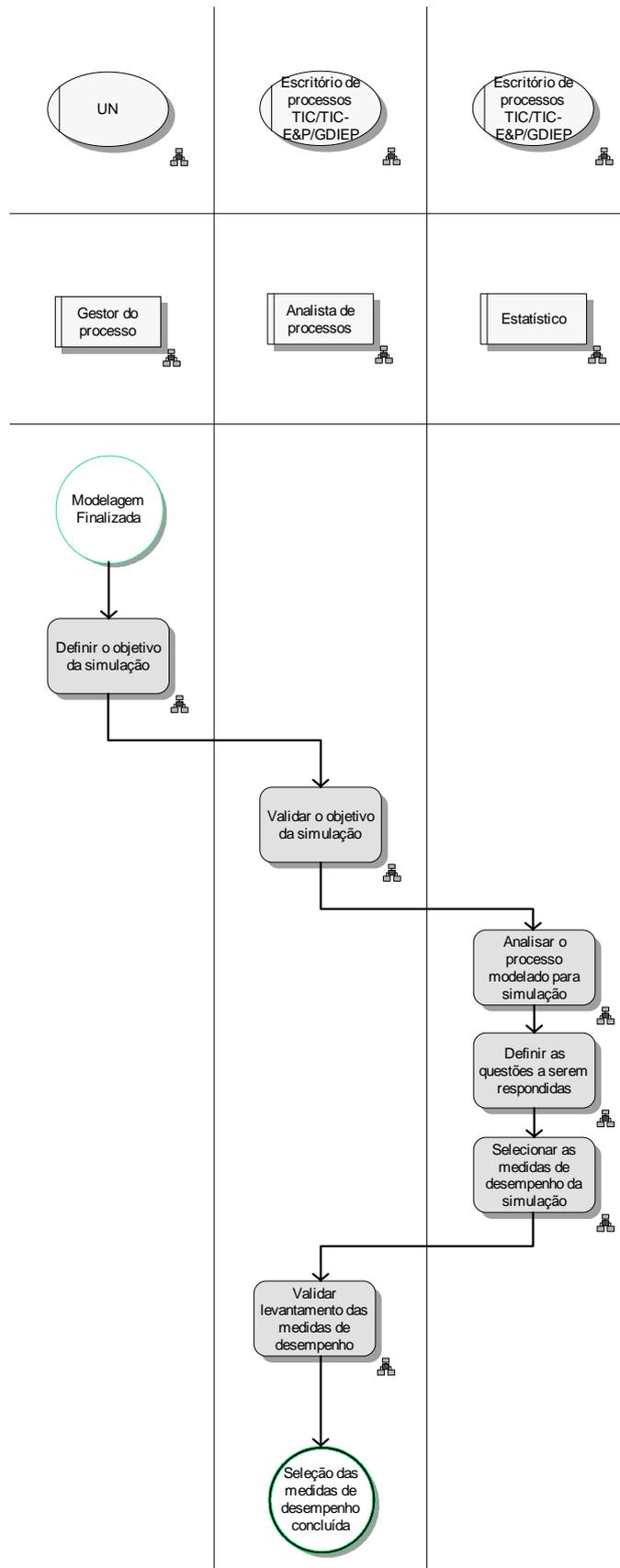
Este processo é responsável por escolher as medidas de desempenho a serem utilizadas durante o processo de simulação.

Este processo tem como objetivo escolher as medidas de desempenho a serem utilizadas na simulação.

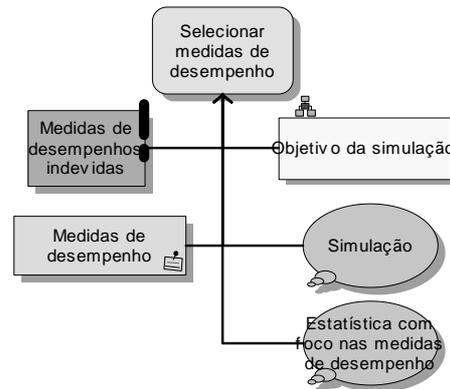
O processo inicia com a modelagem para simulação finalizada.

A partir daí, o gestor do processo define o objetivo da simulação, o analista de processos valida o objetivo da simulação. O estatístico analisa o processo modelado para a simulação, define as questões a serem respondidas e seleciona as medidas de desempenho do processo a se simulado. O analista de processos valida o levantamento das medidas de desempenho.

Ao final do processo, a seleção das medidas de desempenho está concluída.



3.2.1 Detalhamento do processo Selecionar medidas de desempenho

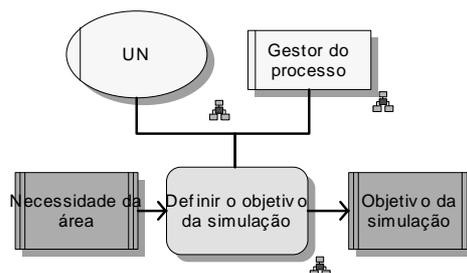


3.2.2 Definir o objetivo da simulação

O gestor do processo define o objetivo da simulação. O objetivo da simulação pode ser: tempo, custo ou recursos.

A informação necessária é: necessidade da área.

A informação gerada é: objetivo da simulação.

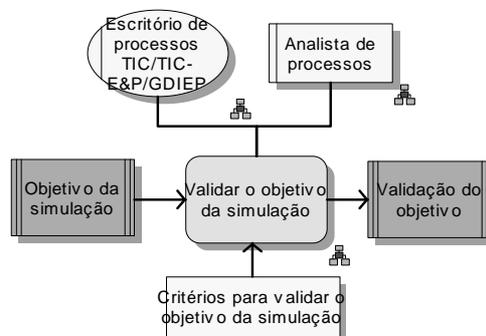


3.2.3 Validar o objetivo da simulação

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP valida o objetivo da simulação.

A informação necessária é: objetivo da simulação.

A informação gerada é: validação do objetivo.

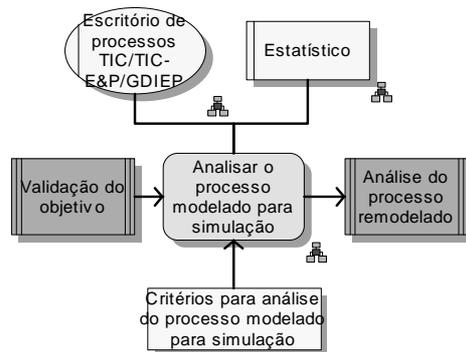


3.2.4 Analisar o processo modelado para simulação

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP analisa o processo de acordo com o objetivo da simulação.

As informações necessárias são: modelo para simulação e a validação do objetivo.

A informação gerada é: análise do processo remodelado para a simulação.

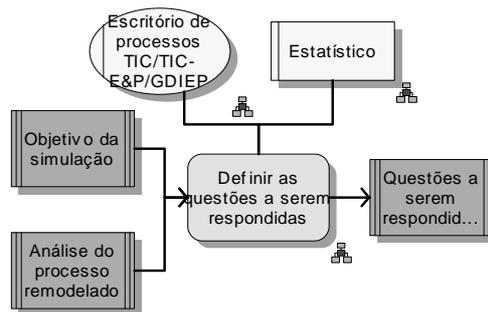


3.2.5 Definir as questões a serem respondidas

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP levanta as questões a serem respondidas pela área solicitante para a realização da simulação.

As informações necessárias são: objetivo da simulação e a análise do processo remodelado para a simulação.

A informação gerada é: questões a serem respondidas pela área.

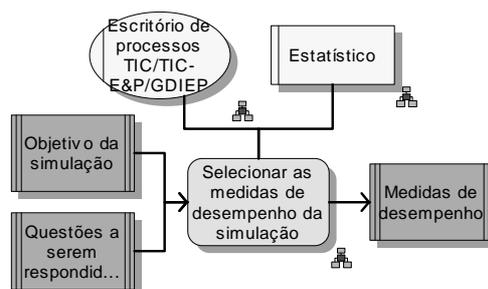


3.2.6 Selecionar as medidas de desempenho da simulação

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP seleciona as medidas de desempenho do processo a ser simulado para que o objetivo seja alcançado. As medidas de desempenho estão ligadas ao número médio de usuários na fila, o número médio de usuários no sistema e ao tempo médio de espera na fila.

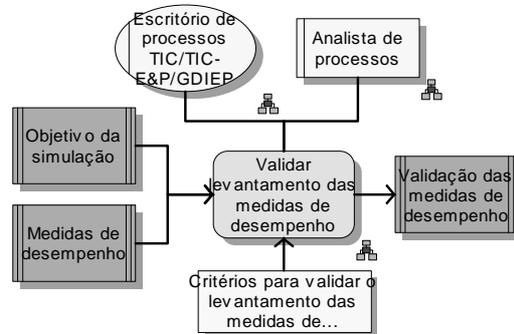
As informações necessárias são: objetivo da simulação e as questões a serem respondidas pela área.

As informações geradas são: medidas de desempenho.



3.2.7 Validar levantamento das medidas de desempenho

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP valida as medidas de desempenho de acordo com o objetivo da simulação.
 As informações necessárias são: objetivo da simulação e as medidas de desempenho.
 A informação gerada é: validação das medidas de desempenho.



3.3 Realizar coleta de dados para simulação

Este processo é responsável por coletar os tempos das atividades relativas ao processo, a quantidade de recursos envolvidos nas atividades (humanos e técnicos) e os seus custos, quando for o caso.

Este processo tem como objetivo levantar os dados para a realização da simulação.

O processo inicia com a seleção das medidas de desempenho concluída.

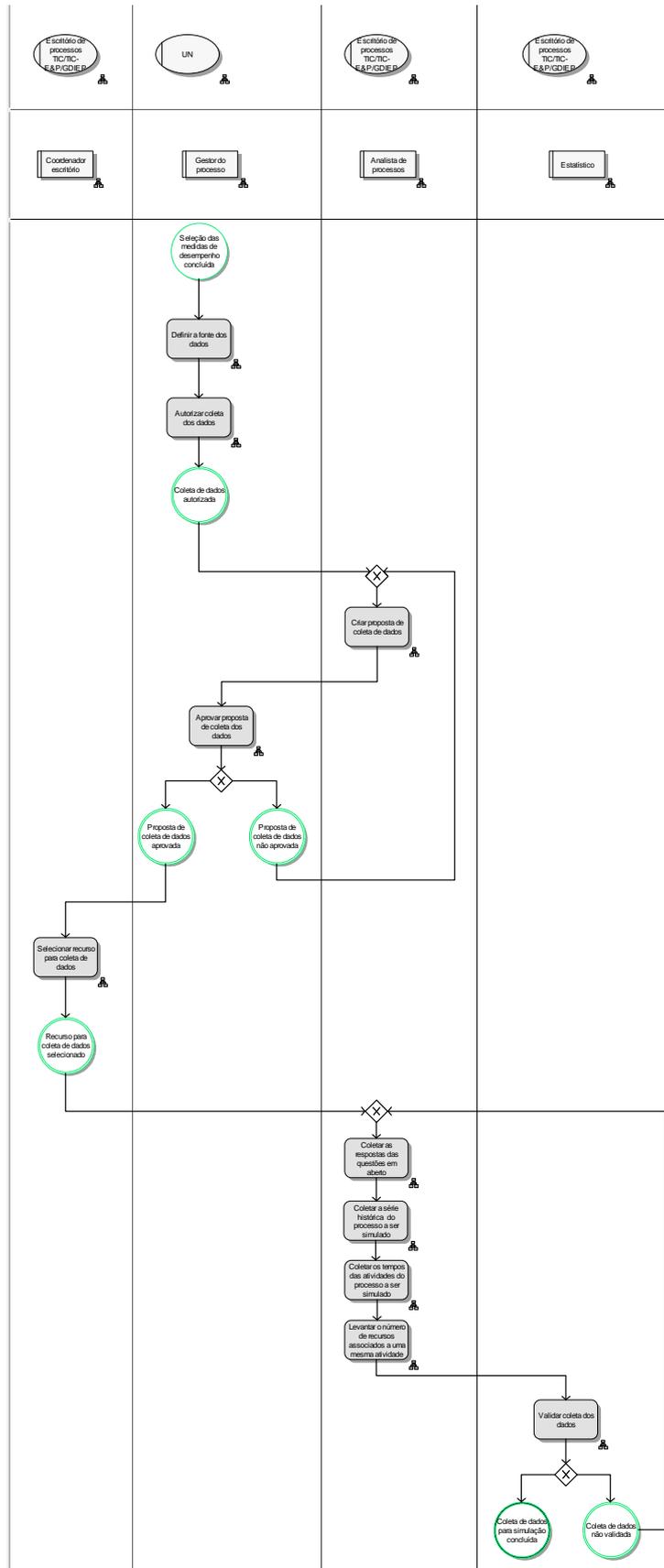
O gestor do processo define a fonte de dados a ser utilizada e autoriza a coleta dos dados, o analista de processos cria a proposta de coleta de dados, o gestor do processo aprova a proposta de coleta de dados.

O coordenador do escritório de processos seleciona o recurso para realizar a coleta de dados.

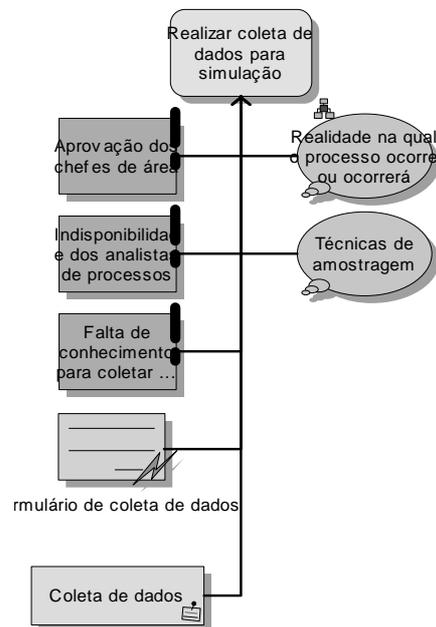
O analista de processos coleta as respostas das questões em aberto, coleta a série histórica do processo a ser simulado, coleta os tempos das atividades do processo a ser simulado e levanta o número de recursos das atividades.

O estatístico valida a coleta dos dados.

Ao final do processo, a coleta de dos dados para a simulação está concluída.



3.3.1 Detalhamento do processo Realizar coleta de dados para simulação

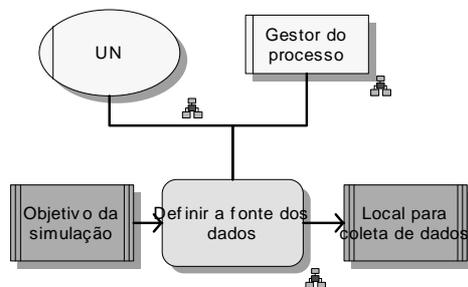


3.3.2 Definir a fonte dos dados

O gestor do processo define qual fonte dos dados será utilizada.

A informação necessária é: objetivo da simulação.

A informação gerada é: local para coleta de dados.

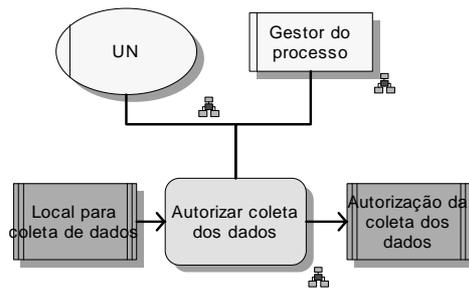


3.3.3 Autorizar coleta dos dados

O gestor do processo autoriza a coleta dos dados para a simulação.

A informação necessária é: local para coleta de dados.

A informação gerada é: autorização da coleta dos dados.

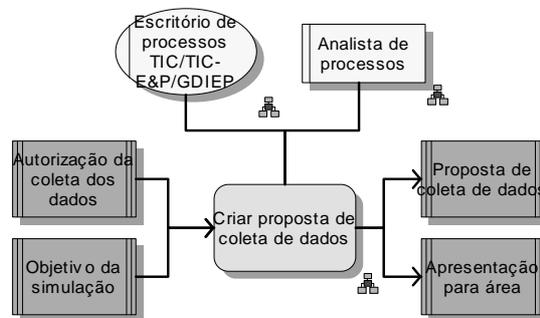


3.3.4 Criar proposta de coleta de dados

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP cria a proposta de coleta de dados.

As informações necessárias são: autorização da coleta dos dados e o objetivo da simulação.

As informações geradas são: proposta de coleta de dados, apresentação para a área.

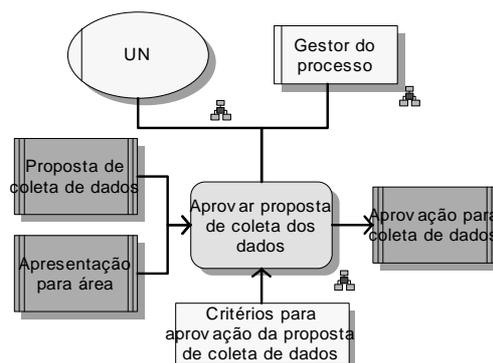


3.3.5 Aprovar proposta de coleta dos dados

O gestor do processo aprova a proposta de coleta de dados para a simulação.

As informações necessárias são: proposta de coleta de dados, apresentação para a área.

A informação gerada é: aprovação para coleta de dados.

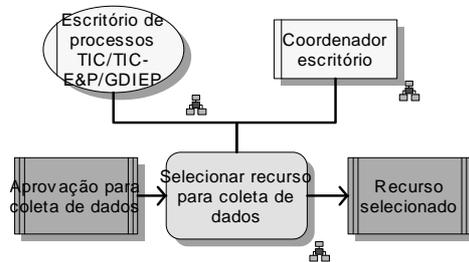


3.3.6 Selecionar recurso para coleta de dados

O coordenador do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP seleciona um recurso para realizar a coleta de dados.

A informação necessária é: aprovação para coleta de dados.

A informação gerada é: recurso selecionado.

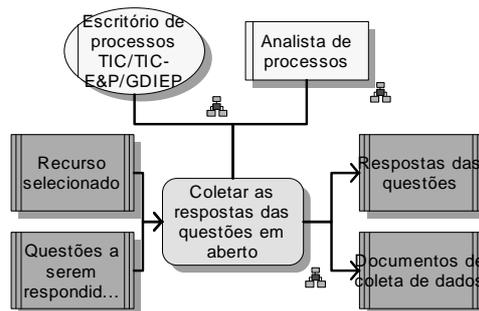


3.3.7 Coletar as respostas das questões em aberto

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP coletará as respostas das questões em aberto.

As informações necessárias são: recurso selecionado, questões a serem respondidas pela área.

As informações geradas são: respostas das questões, documentos de coleta de dados.

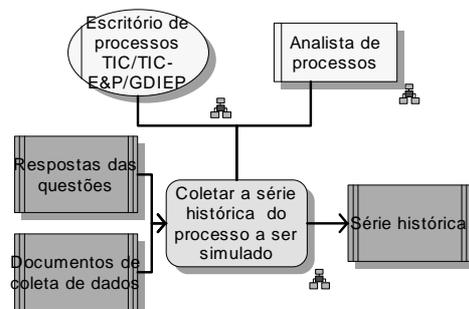


3.3.8 Coletar a série histórica do processo a ser simulado

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP realiza a coleta da série histórica para a simulação.

As informações necessárias são: respostas das questões, documentos de coleta de dados.

A informação gerada é: série histórica.

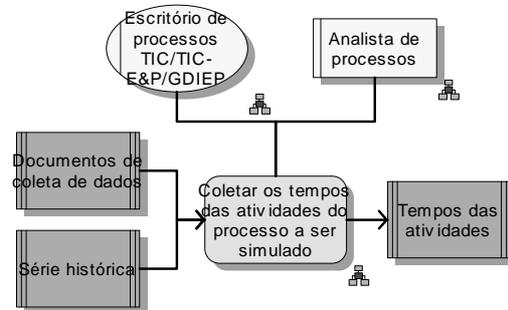


3.3.9 Coletar os tempos das atividades do processo a ser simulado

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP coleta os tempos das atividades do processo a ser simulado.

As informações necessárias são: documentos de coleta de dados, série histórica.

As informações geradas são: tempos das atividades.

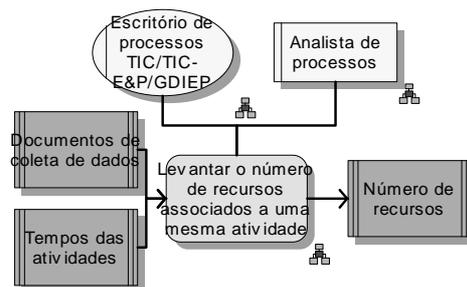


3.3.10 Levantar o número de recursos associados a uma mesma atividade

O analista de processos do escritório de processo TIC/TIC-E&P/GDIEP levanta o número de recursos associados a uma mesma atividade do processo a ser simulado.

As informações necessárias são: documentos de coleta de dados, tempos das atividades.

As informações geradas são: números de recursos.

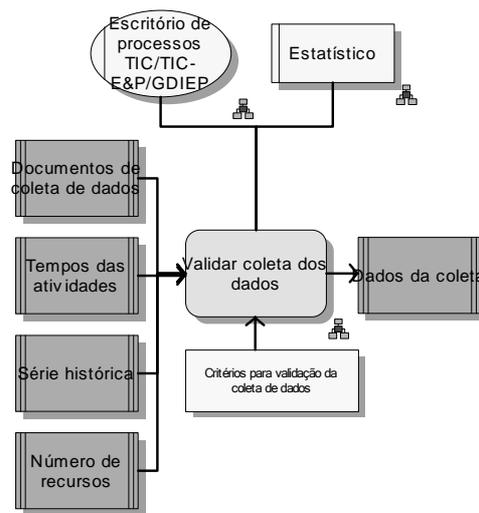


3.3.11 Validar coleta dos dados

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP valida a coleta de dados das atividades do processo a ser simulado.

As informações necessárias são: documentos de coleta de dados, tempos das atividades, série histórica, número de recursos.

As informações geradas são: dados da coleta.



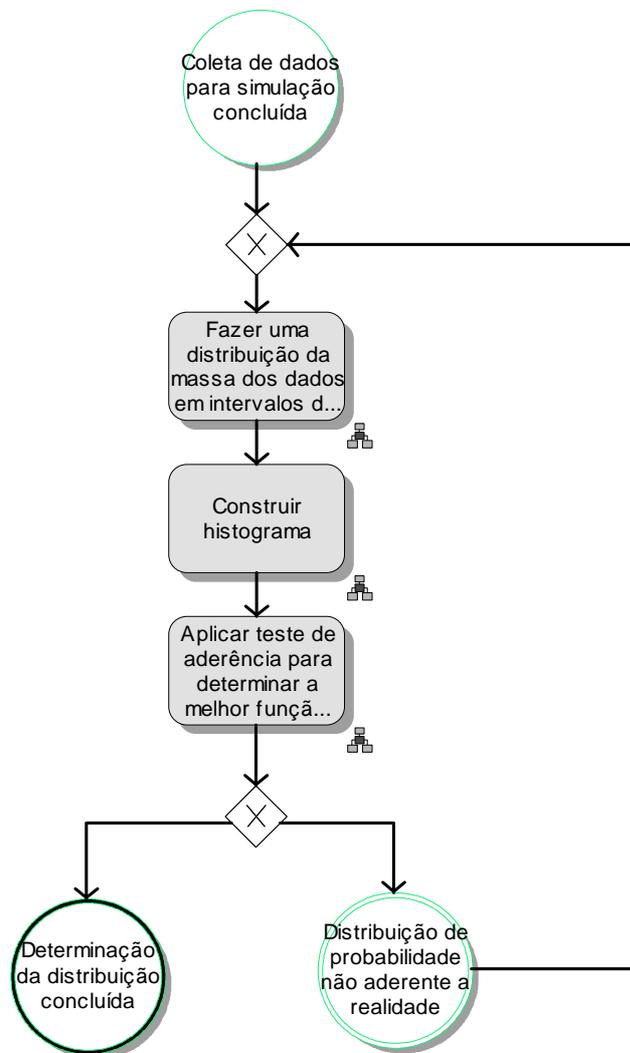
3.4 Determinar distribuição de probabilidade dos processos

Este processo é responsável por definir as probabilidades de ocorrência dos processos. Este processo tem como objetivo a determinação da distribuição de probabilidade dos processos.

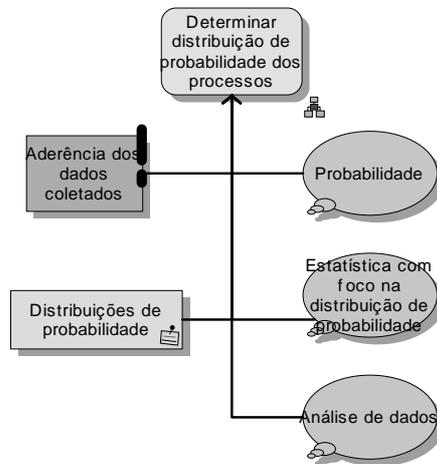
O processo inicia com a coleta de dados para a simulação concluída.

A partir daí, o estatístico faz uma distribuição da massa dos dados em intervalos de classe, constrói o histograma e aplica o teste de aderência para determinar a melhor função estatística.

Ao final do processo, a determinação da distribuição de probabilidade está concluída.



3.4.1 Detalhamento do processo Determinar distribuição de probabilidade dos processos



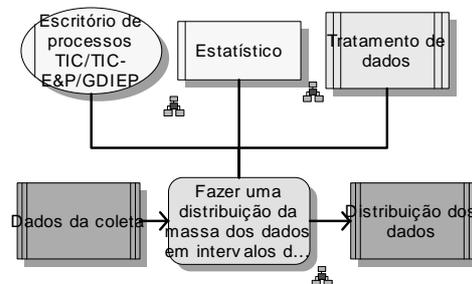
3.4.2 Fazer uma distribuição da massa dos dados em intervalos de classe

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP faz uma distribuição da massa dos dados em intervalo de classe com um software específico.

As informações necessárias são: dados da coleta.

A informação gerada é: distribuição dos dados.

O sistema de tratamento de dados apóia na realização da distribuição da massa dos dados em intervalo de classe.



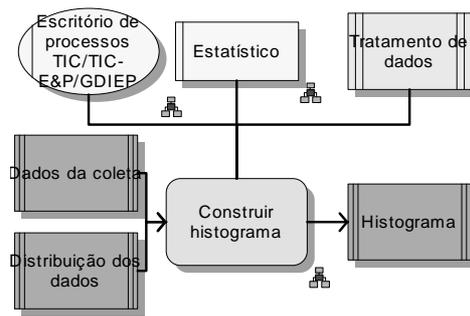
3.4.3 Construir histograma

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP gera um histograma para análise dos dados coletados.

As informações necessárias são: dados da coleta.

A informação gerada é: histograma.

O sistema de tratamento de dados apóia na construção do histograma.

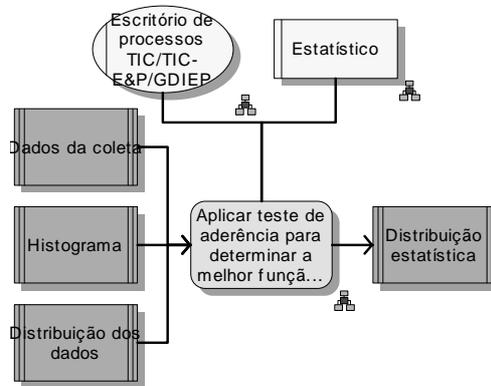


3.4.4 Aplicar teste de aderência para determinar a melhor função estatística

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP aplica um teste de aderência para determinar a melhor função estatística.

As informações necessárias são: dados da coleta, histograma.

A informação gerada é: função estatística.



3.5 Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade

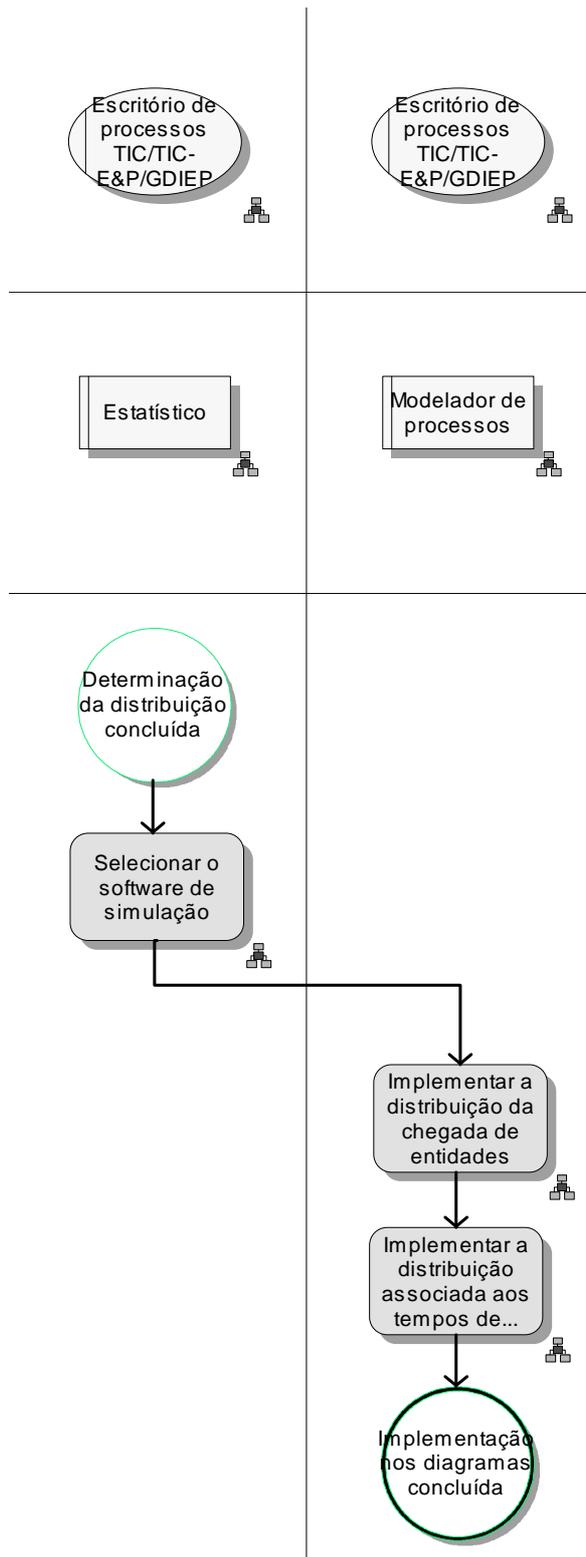
Este processo é responsável por inserir nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade associadas à chegada de entidades no sistema e os tempos de execução dos processos.

Este processo tem como objetivo inserir nos diagramas de fluxo do processo as suas respectivas distribuições de probabilidade.

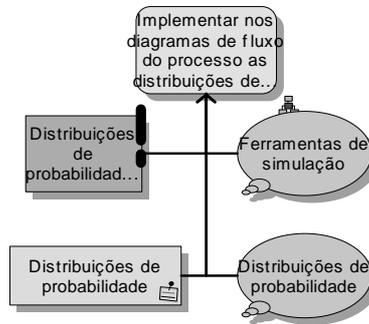
O processo inicia com a determinação da distribuição de probabilidade concluída.

A partir daí, o estatístico seleciona o software de simulação que será utilizado e o modelador de processos implementa a distribuição da chegada de entidades no sistema e implementa a distribuição associada aos tempos de execução do processo.

Ao final do processo, a implementação das distribuições de probabilidade nos diagramas de fluxo do processo está concluída.



3.5.1 Detalhamento do processo Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade



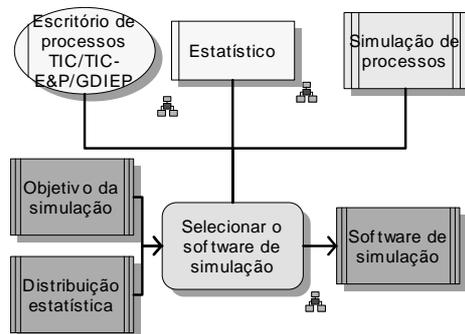
3.5.2 Selecionar o software de simulação

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP seleciona o software de simulação a ser utilizado.

As informações necessárias são: objetivo da simulação, distribuição estatística.

A informação gerada é: software de simulação.

O sistema de simulação de processos permite que o processo seja simulado visando sua melhoria.



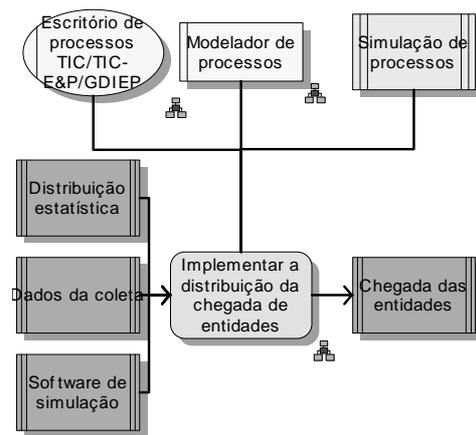
3.5.3 Implementar a distribuição da chegada de entidades

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP implementa no modelo a distribuição da chegada de entidades.

As informações necessárias são: distribuição estatística, dados da coleta, software de simulação.

A informação gerada é: chegada das entidades.

O sistema simulação de processos apóia na implementação da distribuição da chegada de entidades.



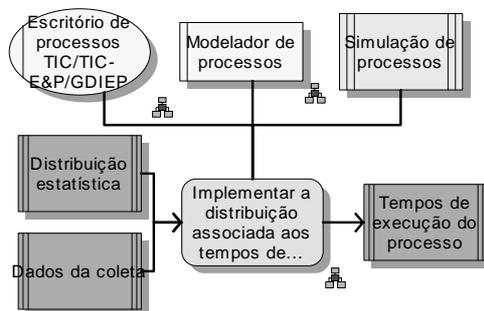
3.5.4 Implementar a distribuição associada aos tempos de execução do processo

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP implementa a distribuição de probabilidade associada aos tempos de execução nas atividades do processo.

As informações necessárias são: distribuição estatística, dados da coleta.

As informações geradas são: tempos de execução do processo.

O sistema simulação de processos apóia na implementação dos tempos de execução do processo.



3.6 Realizar validação do modelo de simulação

Este processo é responsável por comparar os resultados obtidos empiricamente com os resultados observados na realidade, podendo ser necessário retornar às etapas anteriores caso sejam detectados problemas.

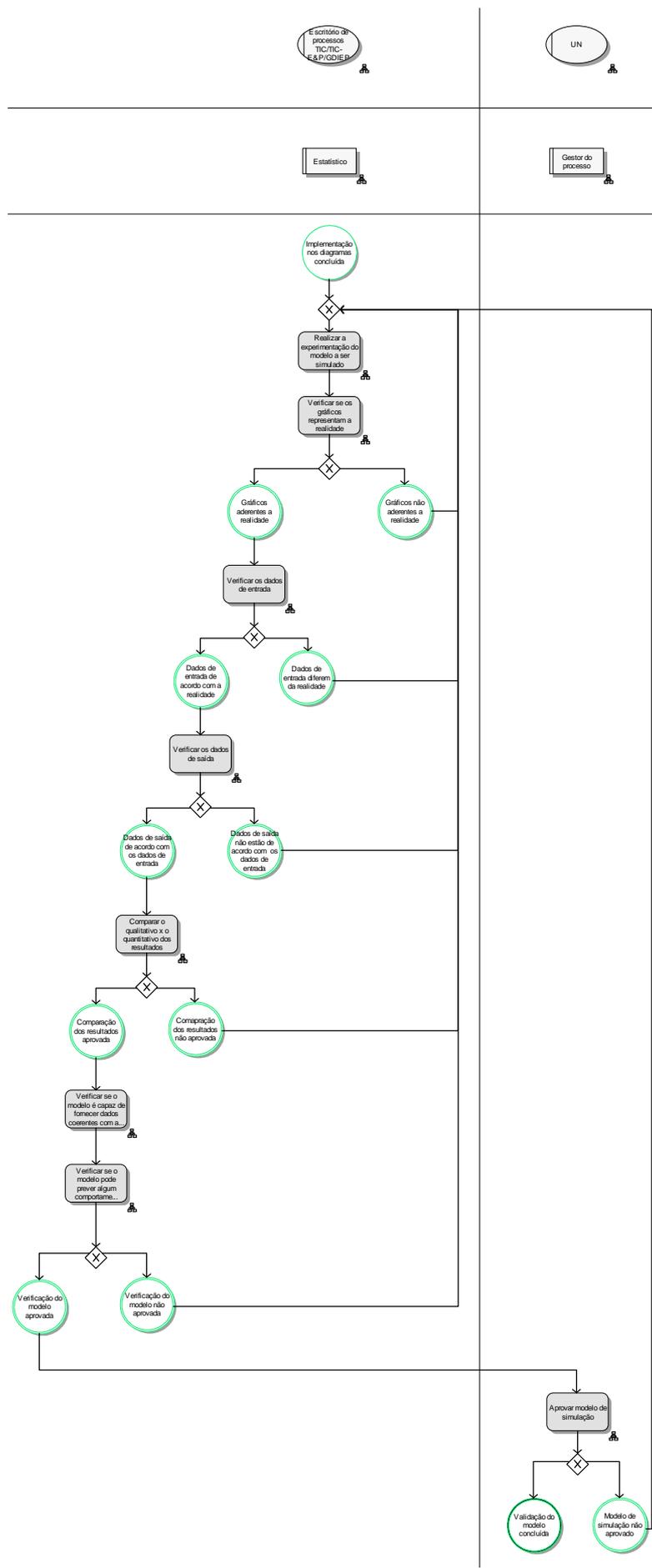
Este processo tem como objetivo validar o modelo de simulação com os dados coletados.

O processo inicia com a implementação das distribuições de probabilidade nos diagramas de fluxo do processo concluída.

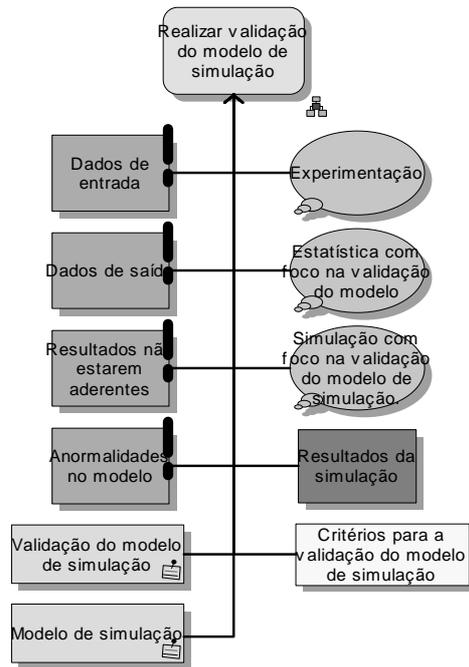
A partir daí, o estatístico realiza a experimentação do modelo a ser simulado, verifica se os gráficos representam a realidade, verifica os dados de entrada, verifica os dados de saída, compara o qualitativo com o quantitativo dos resultados, verifica se o modelo é capaz de fornecer dados coerentes com a realidade e verifica se o modelo pode prever algum comportamento anormal corretamente. Caso exista alguma inconformidade em alguma das verificações, será realizada uma nova experimentação do modelo.

O gestor do processo aprova o modelo de simulação.

Ao final do processo, a validação do modelo de simulação é concluída.



3.6.1 Detalhamento do processo Realizar validação do modelo de simulação



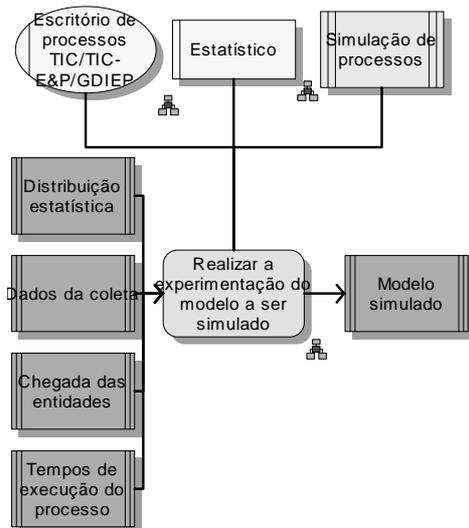
3.6.2 Realizar a experimentação do modelo a ser simulado

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP realiza a experimentação do modelo a ser simulado com a geração de cenários.

As informações necessárias são: distribuição estatística, dados da coleta, chegada das entidades, tempos de execução do processo.

A informação gerada é: modelo simulado.

O sistema simulação de processos apóia na experimentação da simulação.



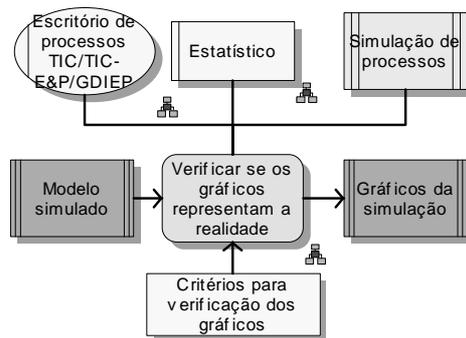
3.6.3 Verificar se os gráficos representam a realidade

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP analisa os gráficos gerados e valida com a realidade existente.

A informação necessária é: modelo simulado.

As informações geradas são: gráficos da simulação.

O sistema de simulação de processos apóia na geração dos gráficos da simulação.

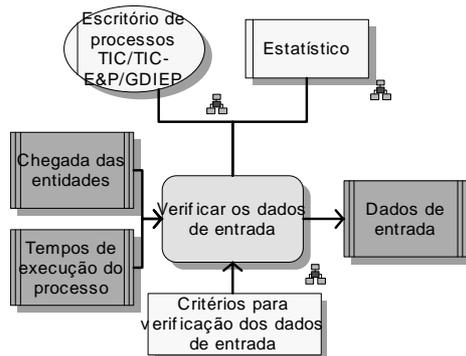


3.6.4 Verificar os dados de entrada

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP verifica os dados de entrada da simulação.

As informações necessárias são: chegada das entidades, tempos de execução do processo.

As informações geradas são: dados de entrada.

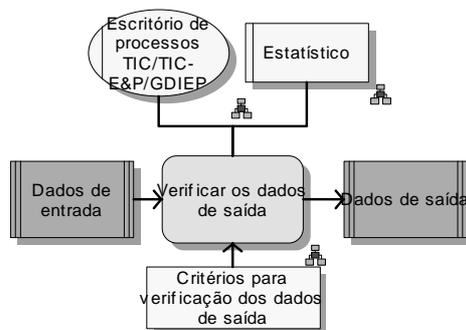


3.6.5 Verificar os dados de saída

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP verifica os dados de saída da simulação.

As informações necessárias são: dados de entrada.

As informações geradas são: dados de saída.

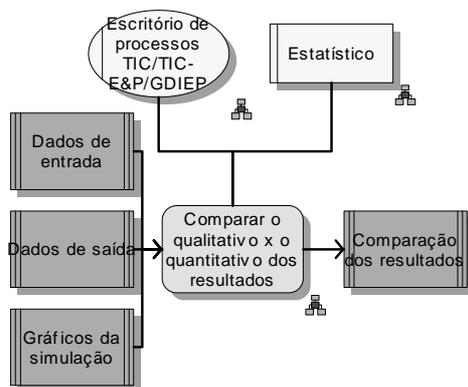


3.6.6 Comparar o qualitativo x o quantitativo dos resultados

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP realiza a comparação do qualitativo e do quantitativo dos resultados da simulação.

As informações necessárias são: dados de entrada, dados de saída, gráficos da simulação.

A informação gerada é: comparação dos resultados

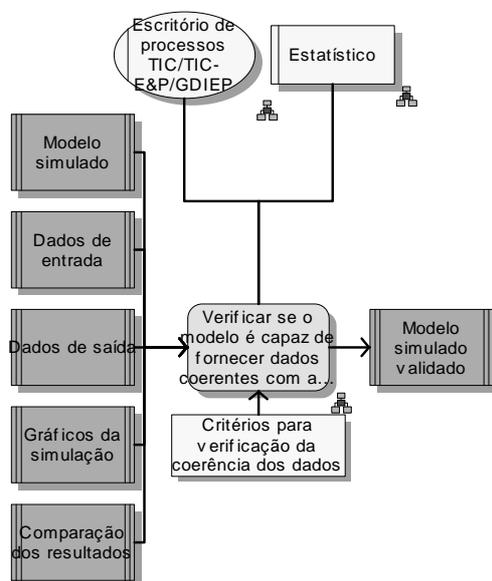


3.6.7 Verificar se o modelo é capaz de fornecer dados coerentes com a realidade

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP analisa o modelo gerado fornece dados coerentes com a realidade.

A informação necessária é: modelo simulado, dados de entrada, dados de saída, gráficos da simulação.

A informação gerada é: modelo simulado validado.

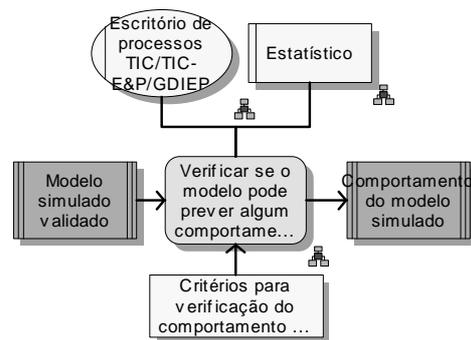


3.6.8 Verificar se o modelo pode prever algum comportamento anormal corretamente

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP analisa se o modelo pode prever algum comportamento anormal corretamente.

A informação necessária é: modelo simulado validado.

A informação gerada é: comportamento do modelo simulado.

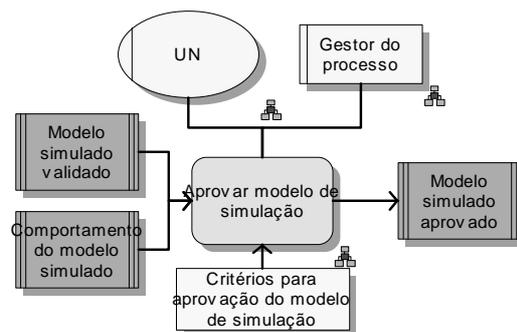


3.6.9 Aprovar modelo de simulação

O gestor do processo aprova o modelo de simulação gerado.

A informação necessária é: modelo simulado validado, comportamento do modelo simulado.

A informação gerada é: modelo simulado aprovado.



3.7 Identificar melhorias no processo simulado

Este processo é responsável por apresentar novos cenários para implementação.

Este processo tem como objetivo mostrar os novos cenários gerados através do processo de simulação para a implementação do mais apropriado.

O processo inicia com a validação do modelo concluída.

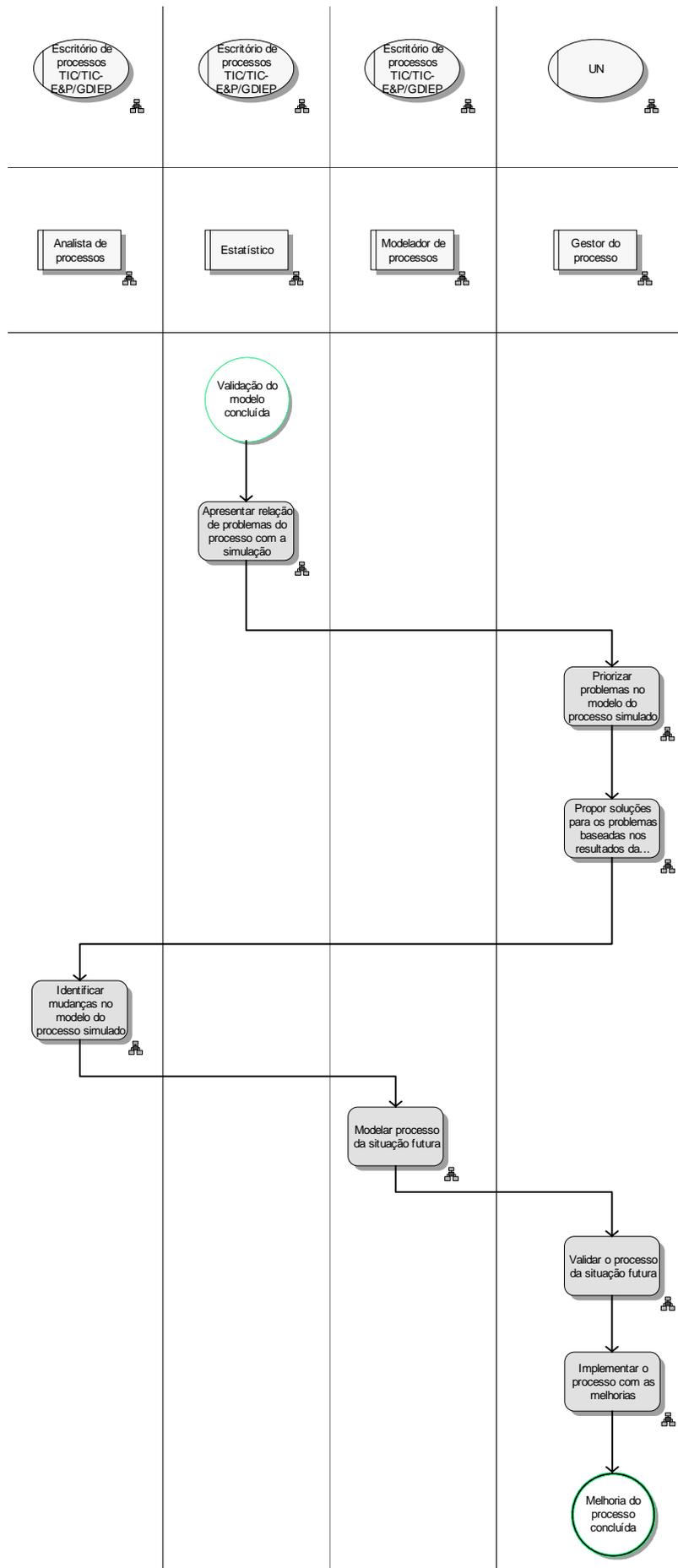
A partir daí, o estatístico apresenta ao gestor do processo a relação de problemas encontrados no processo com a simulação.

O gestor do processo prioriza os problemas do processo simulado e propõe soluções para os problemas baseado nos resultados da simulação. O analista de processos identifica as mudanças a serem feitas no modelo do processo simulado e o modelador de processos modela o processo da situação futura.

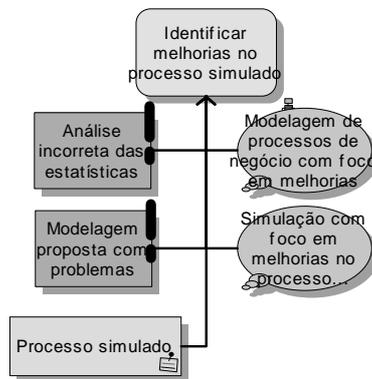
O gestor do processo valida o processo da situação futura.

O gestor do processo implementa as melhorias no processo.

Ao final do processo, a melhoria do processo é concluída.

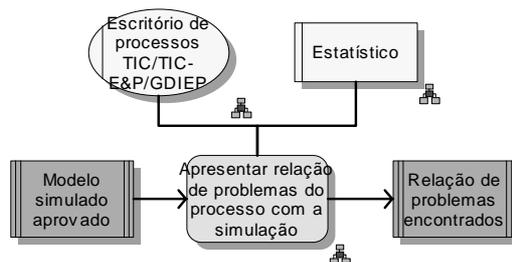


3.7.1 Detalhamento do processo Identificar melhorias no processo simulado



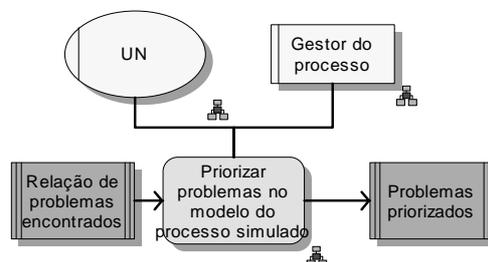
3.7.2 Apresentar relação de problemas do processo com a simulação

O estatístico do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP apresenta ao gestor do processo a relação de problemas encontrados no processo com a simulação. A informação necessária é: modelo simulado aprovado. A informação gerada é: relação de problemas encontrados com a simulação.



3.7.3 Priorizar problemas no modelo do processo simulado

O gestor do processo prioriza os problemas no modelo do processo simulado. A informação necessária é: relação de problemas encontrados com a simulação. As informações geradas são: problemas priorizados.

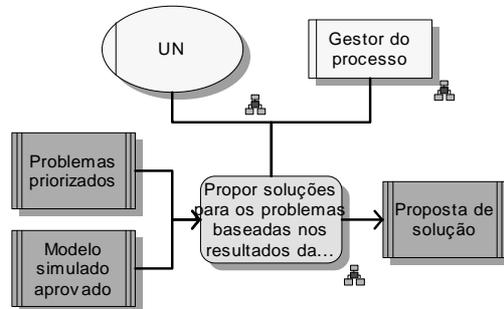


3.7.4 Propor soluções para os problemas baseadas nos resultados da simulação

O gestor do processo propõe soluções para os problemas baseado nos resultados da simulação.

As informações necessárias são: problemas priorizados, modelo simulado aprovado.

A informação gerada é: proposta de solução.

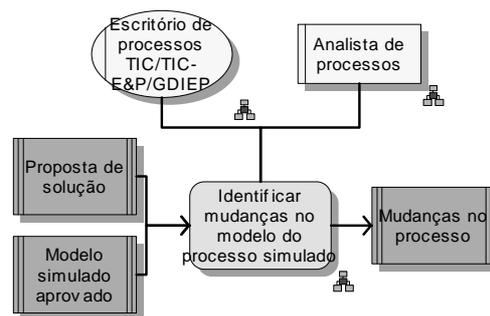


3.7.5 Identificar mudanças no modelo do processo simulado

O analista de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP define as mudanças a serem realizadas no processo simulado.

As informações necessárias são: proposta de solução, modelo simulado aprovado.

As informações geradas são: mudanças no processo.



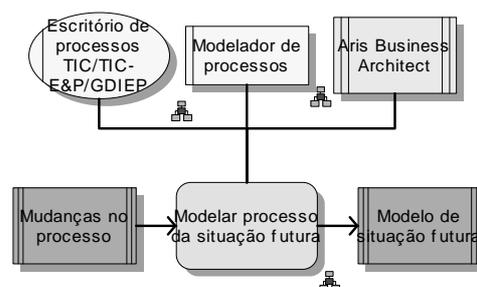
3.7.6 Modelar processo da situação futura

O modelador de processos do escritório de processos TIC/TIC-E&P/GDIEP desenvolve a modelagem da situação futura.

As informações necessárias são: mudanças no processo.

A informação gerada é: modelo de situação futura.

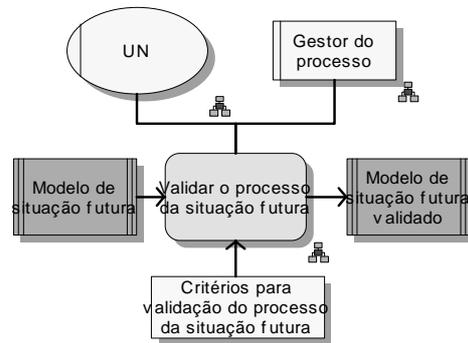
O sistema Aris Business Architect apóia na modelagem de processos de negócio, permitindo gerar um novo modelo para representar a situação futura.



3.7.7 Validar o processo da situação futura

O gestor do processo valida o processo da situação futura.

A informação necessária é: modelo de situação futura.
A informação gerada é: modelo de situação futura validado.

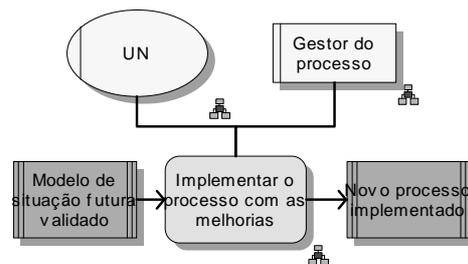


3.7.8 Implementar o processo com as melhorias

O gestor do processo implementa o processo proposto com as melhorias na sua área.

A informação necessária é: modelo de situação futura validado.

A informação gerada é: novo processo implementado.



Anexo III – Árvore de Competências

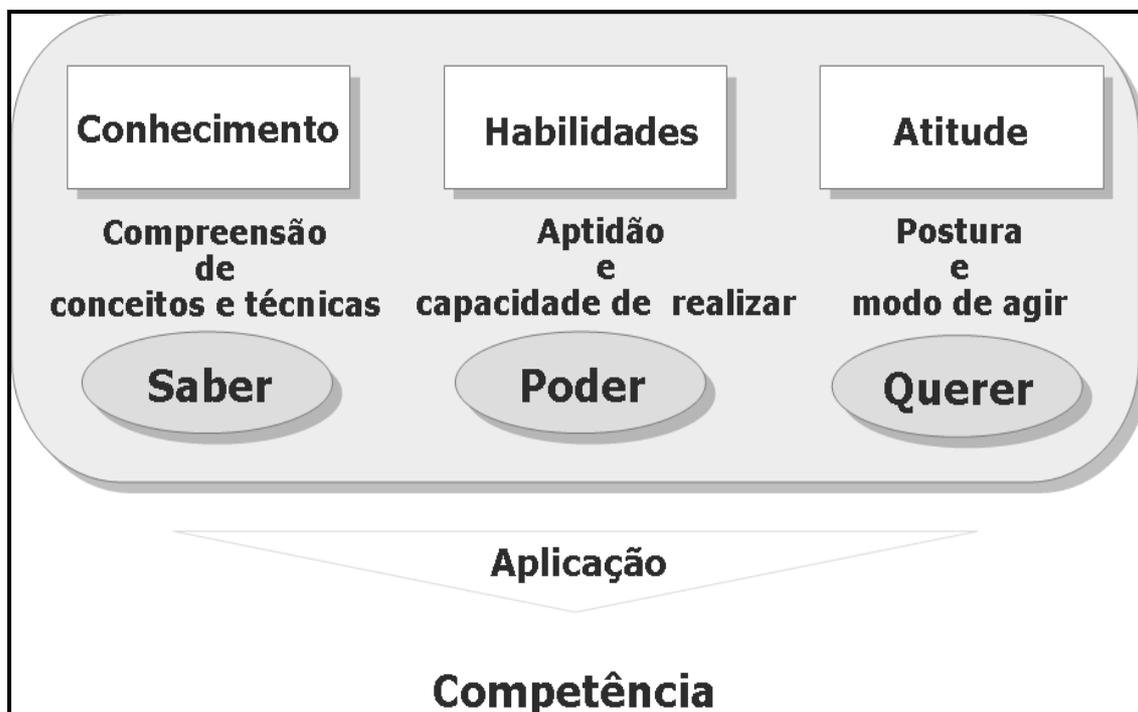
1 Introdução

Uma competência significa ter conhecimentos, habilidades e atitudes (CHA) que em conjunto criam capacidade de realização de uma determinada atividade e envolve entender de um determinado assunto para executar uma ação. Segundo SPENCER e SPENCER (Apud NISEMBAUM, 2000), “Uma competência é uma característica fundamental de um indivíduo que está causalmente relacionada a um critério de eficácia e / ou performance superior num trabalho ou situação”. Essa “característica fundamental significa que a competência é uma parte profunda e permanente da personalidade da pessoa e que pode prever comportamentos numa verdadeira amplitude de situações e trabalhos”, que “relacionados causalmente significa que a competência causa ou prevê comportamentos e performance”.

Uma árvore de competências, segundo o método CHA, é composta pelos conhecimentos, habilidades e atitudes que um profissional deve dominar sobre determinado assunto. Em uma linguagem simplificada, o conhecimento é o saber, a habilidade é o saber fazer e a atitude é o querer fazer.

Segundo BARBALHO (2002), “O conhecimento corresponde a uma série de informações assimiladas e estruturadas pelo indivíduo, que lhe permitem entender o mundo, ou seja, é a dimensão do saber. A habilidade, por sua vez, está associada ao saber-fazer, ou seja, a capacidade de aplicar e fazer uso produtivo do conhecimento adquirido utilizá-lo em uma ação com vista ao atingimento de um propósito específico. Finalmente a atitude é a dimensão do querer-saber-fazer, que diz respeito aos aspectos sociais e afetivos relacionados ao trabalho.”

Eboli (2003) descreve a competência da seguinte forma:



No caso da Simulação de Processos é necessário ter dois conceitos principais: Modelagem de Processos de Negócios e Simulação.

Modelagem de Processos de Negócio, segundo Vernadat (1996) constitui uma maneira de fornecer visão sistêmica aos gestores. Possibilita que os gerentes compreendam como o trabalho é executado e como suas tarefas impactam no cliente final.

Segundo Saliby (1999), “a simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e assim propor melhores formas de operá-lo”.

A Simulação de Processos é o modelo computacional que visa representar a execução das atividades de um processo, identificando possíveis situações de gargalo do problema real.

As competências referentes à Simulação de Processos, apresentadas neste documento, estão baseadas nas etapas do Método de Simulação de Processos desenvolvido durante o projeto de pesquisa. Este método tem as seguintes etapas:

- Modelar os processos de negócio para a simulação;
- Selecionar as medidas de desempenho;
- Realizar a coleta de dados para simulação;
- Determinar a distribuição de probabilidade dos processos;
- Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade;
- Realizar a validação do modelo de simulação;
- Propor melhorias no processo modelado para a simulação.

A seguir estão apresentadas árvores de Competências necessárias para que os profissionais sejam capazes de realizar a simulação de processos. Árvores de competências são estruturas que representam o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários para um dado processo ou organização. Neste caso, a árvore de competência está aplicada para o processo gerencial de gestão de processos, especificamente para a simulação de processos, que está dentro do contexto da melhoria de processos.

2 Árvore de Competências para a simulação de processos

A estrutura da árvore será a seguinte:

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
Ser capaz de ...	Saber	Capacidade de ...	Comportamento

A Árvore de Competências é da seguinte forma:

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
Ser capaz de	Modelagem de	• Capacidade de	• Pró atividade para

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
modelar os processos de negócio para a simulação	Processos	<p>realizar entrevistas e coleta de dados sobre os processos de negócio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de utilizar ferramentas de modelagem de processos (ARIS Easy) • Capacidade de utilizar metodologias de modelagem de processos • Capacidade de utilizar notação e semântica de modelagem (Documento Diretrizes da Petrobras) • Capacidade de entender o contexto (visão do todo e sistêmica) e as partes (visão específica) 	<p>buscar informações adequadas e superar dificuldades encontradas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprometimento com a aderência do modelo para representar modelos aderentes, retratando a realidade do negócio • Objetividade • Curiosidade, observação e postura investigativa • Visão crítica • Visão sistêmica e específica
	Simulação de Processos	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de remodelar os processos de negócio com foco em simulação de processos • Capacidade de abstração para gerar o modelo de simulação • Capacidade de utilizar ferramentas de simulação de processos (ARIS Simulator) • Capacidade de levantar os problemas da área a ser simulada adequadamente • Capacidade de interpretar a demanda da área a ser simulada 	<ul style="list-style-type: none"> • Abstração • Objetividade • Visão crítica • Pragmatismo • Realizar entrevistas adequadamente • Curiosidade
Ser capaz de selecionar as medidas de desempenho	Simulação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de definir o objetivo da simulação adequadamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceticismo • Percepção

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de gerar questões sobre o processo a ser simulado 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetividade • Visão crítica • Interpretação • Análise adequada do processo a ser simulado
	Estatística	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de interpretação do processo 	<ul style="list-style-type: none"> • Visão crítica
Ser capaz de realizar a coleta de dados para simulação	Realidade na qual o processo ocorre ou ocorrerá	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de identificar as fontes e os dados necessários para adequada representação da realidade • Capacidade de viabilizar a coleta de dados • Capacidade de solicitar a autorização 	<ul style="list-style-type: none"> • Visão sistêmica • Pró atividade • Comprometimento com a aderência do modelo para representar modelos aderentes, retratando a realidade do negócio
	Técnicas de amostragem	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de coletar os dados de forma adequada de modo a não gerar amostra com viés • Capacidade de interpretar os fatores externos que possam influenciar os dados amostrais 	<ul style="list-style-type: none"> • Pró atividade • Objetividade • Rigor na crononálise • Contato com os envolvidos no processo
Ser capaz de determinar a distribuição de probabilidade dos processos	Probabilidade e estatística	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de utilizar ferramentas de análise de dados • Capacidade de realizar testes estatísticos de aderência (teste do chi-quadrado) 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação correta • Percepção • Visão crítica
	Análise de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de gerar histograma • Capacidade de tratar dados coletados (identificação de outliers e outliers extremos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Atenção • Precisão • Interpretação • Visão crítica

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de identificar a distribuição estatística mais adequada 	
Ser capaz de implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade	Ferramentas de simulação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de utilizar a ferramenta adequadamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso da ferramenta
	Distribuições de probabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de implementar o tempo de chegada das entidades • Capacidade de implementar o tempo de execução das atividades • Capacidade de inserir adequadamente os dados no sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetividade • Visão crítica
Ser capaz de realizar a validação do modelo de simulação	Experimentação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de incluir, excluir, manter ou alterar o modelo de simulação • Capacidade de analisar os gráficos • Capacidade de testar e experimentar cenários de simulação • Capacidade de avaliar a viabilidade de implantação do cenário gerado 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceticismo • Validação • Curiosidade, observação e postura investigativa • Comprometimento com a aderência do modelo para representar modelos aderentes, retratando a realidade do negócio
	Estatística	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de validar dados de entrada • Capacidade de validar dados de saída (resultados da simulação) 	<ul style="list-style-type: none"> • Correção • Precisão • Visão crítica
	Simulação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de comparar qualitativa e quantitativamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Visão crítica • Percepção
Ser capaz de propor melhorias no processo	Modelagem de Processos	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de remodelar o processo simulado 	<ul style="list-style-type: none"> • Visão crítica • Pró atividade

Competência	Conhecimento	Habilidade	Atitude
modelado para a simulação			<ul style="list-style-type: none"> • Objetividade • Observação
	Simulação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de propor novos cenários • Capacidade de propor um novo modelo de forma a minimizar os gargalos 	<ul style="list-style-type: none"> • Abstração • Persuasão • Objetividade • Visão de futuro • Comprometimento com o objetivo da simulação

Anexo IV – Planilha de Tratamento Estatístico do Aris Business Simulator

