

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Ana Paula Rennó da Costa

**PROPOSTA DA REVISÃO DA TÉCNICA DE
MODELAGEM CONCEITUAL IDEF-SIM PARA
PROJETOS DE SIMULAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi

Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Leal

Abril de 2018, Itajubá - MG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Ana Paula Rennó da Costa

**PROPOSTA DA REVISÃO DA TÉCNICA DE
MODELAGEM CONCEITUAL IDEF-SIM PARA
PROJETOS DE SIMULAÇÃO**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 16 de
Abril de 2018, conferindo ao autor o título de Mestre em
Ciências em Engenharia de Produção.

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Mona Liza Moura de Oliveira (FEPI)

Prof^ª. Dr^ª. Tabata Fernandes Pereira (UNIFEI)

Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi (Orientador)

Prof. Dr. Fabiano Leal (Coorientador)

Abril de 2018, Itajubá - MG

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, aos meus pais, meu esposo Wesley e ao meu filho Heitor.

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos por Deus, por sempre me guiar e colocar pessoas especiais em minha vida. E por Sua bondade em minha vida.

Aos meus pais, Regina Maria e José Claret, meu infinito agradecimento. Vocês foram fundamentais em minha formação, obrigada por todo ensinamento e dedicação. E a toda a minha família e amigos, em especial a aqueles que sempre me apoiaram.

Agradeço também ao meu esposo Wesley Gabriel, por ser tão importante em minha vida. Principalmente pela paciência, cumplicidade e companheirismo diário.

Não poderia de deixar de agradecer ao meu professor orientador Dr. José Arnaldo Barra Montevechi, obrigada pela dedicação, conselhos e orientações em nosso trabalho e principalmente pelas inúmeras oportunidades oferecidas, e ao meu professor coorientador Dr. Fabiano Leal por toda ajuda e orientação.

Agradeço também a todos os professores da UNIFEI, e a todos da equipe do NEAAD e laboratório de simulação, em especial aos meus amigos: Prof^a. Dr^a. Tabata e ao aluno Gustavo, que de forma direta participaram deste trabalho e contribuíram para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

E por fim gostaria de agradecer ao aluno de iniciação científica Tiago Henrique pela ajuda e companheirismo neste trabalho. E ainda aos órgãos Capes e Fapemig pelo apoio financeiro neste trabalho.

EPÍGRAFE

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu”

Eclesiastes 3:1

RESUMO

A simulação é considerada uma técnica utilizada para estudar e analisar processos e/ou sistemas. A maioria dos projetos em simulação se divide em três grandes fases: concepção, implementação e análise. A fase de concepção é de grande importância, principalmente por impactar diretamente nas demais etapas. Nessa fase se encontra presente a modelagem conceitual. Esta por sua vez consiste em construir os modelos conceituais para aprimorar o entendimento do sistema que se pretende estudar. Visando a importância da modelagem conceitual, a técnica IDEF-SIM foi construída para desenvolver modelos conceituais em projetos de simulação. Assim, através de um estudo bibliométrico na literatura, notou-se que a técnica IDEF-SIM ainda não atende alguns processos que são mais específicos na simulação. Neste contexto, o objetivo geral desta dissertação é o de propor uma revisão a técnica de modelagem IDEF-SIM, a fim de propor melhorias e possibilitar que a técnica IDEF-SIM atenda aos processos mais específicos. Para realizar o objetivo dessa dissertação, utilizou-se o método da Pesquisa-Ação. Inicialmente, fez-se uma pesquisa com especialistas na técnica IDEF-SIM para identificar as possíveis melhorias para a técnica. Partindo dessas melhorias apontadas pelos especialistas, pode-se propor novos símbolos para a técnica, que tiveram o objetivo de fazer com que a técnica possa atender de maneira mais abrangente a todas as áreas de aplicação da simulação. Observou-se também que a criação de um aplicativo computacional poderia facilitar a elaboração dos modelos conceituais por parte dos analistas de simulação. Dessa forma, após a melhoria da técnica, esta foi aplicada em casos reais de simulação e assim, pode-se conduzir a avaliação e aplicabilidade da técnica atualizada. Ao final do trabalho, pode-se concluir que a revisão da técnica IDEF-Sim trouxe melhorias para os analistas de simulação na condução de seus projetos, a revisão possibilitou que os modelos conceituais pudessem ser construídos de forma mais clara, além de atender os tipos de simulação. Além disso, o aplicativo computacional desenvolvido facilitou a construção dos modelos conceituais, por parte dos analistas.

Palavras-chaves: Simulação, Modelagem Conceitual, IDEF-SIM.

ABSTRACT

Simulation is considered a technique used to study and analyze processes and/or systems. Most simulation projects are divided into three major phases: conception, Implementation and Analysis. The conceptual phase is of great importance, mainly because it impacts directly on the other stages. In this phase conceptual modeling is present. This in turn consists of constructing the conceptual models to improve the understanding of the system to be studied. Aiming the importance of conceptual modeling, the IDEF-SIM technique was built to develop conceptual models in simulation projects. Thus, through a brief bibliometric study in the literature, it was noted that the IDEF-SIM technique still does not meet some processes that are more specific in the simulation. In this context, the general objective of this dissertation is to review the IDEF-SIM modeling technique, in order to propose improvements and enable the IDEF-SIM technique to attend the more specific processes. To accomplish the objective of this dissertation, the Research-Action method was used. Initially, a survey was conducted with experts in the IDEF-SIM technique to identify possible improvements to the technique. Based on these improvements pointed out by experts, new symbols could be proposed for the technique, with the aim of making the technique more comprehensible to all areas of application of the simulation. It was also observed that the creation of a computational application could facilitate the elaboration of the conceptual models by the simulation analysts. In this way, after the improvement of the technique, it was applied in real cases of simulation and, thus, the evaluation and applicability of the technique could be conducted. At the end of the study, it can be concluded that the IDEF-Sim technique review brought improvements to the simulation analysts in the conduct of their projects, the revision allowed that the conceptual models could be constructed of form clearer, besides attending to all the types of simulation. In addition, the developed computational application facilitated the construction of the conceptual models, by the analysts.

Keywords: Simulation, Conceptual Modeling, IDEF-SIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Quantidade de trabalhos ao longo dos anos.....	19
Figura 2.1 - Sequência de passos para um projeto de simulação	27
Figura 2.2 - Interação do Agente com o ambiente	35
Figura 2.3 - Simbologia do IDEF-SIM.....	41
Figura 3.1 - Classificação da pesquisa	44
Figura 3.2 - Estrutura para condução da pesquisa-ação	45
Figura 4.1 - Primeira pergunta sobre a técnica IDEF-SIM.....	51
Figura 4.2 - Segunda pergunta sobre a técnica IDEF-SIM	52
Figura 4.3 -Terceira pergunta sobre a técnica IDEF-SIM.....	52
Figura 4.4 - Quarta pergunta sobre a técnica IDEF-SIM	53
Figura 4.5 - Quinta pergunta sobre a técnica IDEF-SIM	54
Figura 4.6 – Modelo conceitual IDEF-SIM de uma fábrica de costura	60
Figura 4.7 - Figura 4.7 – Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 1).....	60
Figura 4.8 - Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 2)	61
Figura 4.9 - Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 3.....	61
Figura 4.10 - IDEF-SIM da montagem de uma coluna para transformadores utilizando a regra de fluxo paralelos.....	62
Figura 4.11 - IDEF-SIM de um posto de atendimento de uma unidade hospitalar.....	63
Figura 4.12 - IDEF-SIM indicando um agente como recurso de uma máquina.....	63
Figura 5.1 - Fases da metodologia RUP	67
Figura 5.2 - Tela inicial do aplicativo.....	68
Figura 5.3 - Tela do aplicativo com os símbolos ao lado direito.....	68
Figura 5.4 - Tela de funções secundaria do símbolo	69
Figura 5.5 - Tela com funções secundárias da seta	69
Figura 5.6 - Tela do software DIA com a reconstrução da biblioteca da técnica IDEF-SIM ..	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Comparação entre SED e SBA	32
Tabela 2.2 -Vantagens e desvantagens de algumas técnicas de construção de modelos conceituais	38
Tabela 4.1 - Elementos propostos para a técnica de modelagem IDEF-SIM.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

CAS	<i>Complex Adaptative Systems</i>
GNU	<i>General Public License</i>
IDEF0	<i>Integrated Definition Language for Function Modeling</i>
IDEF3	<i>Integrated Definition Process Description Capture</i>
IDEF-SIM	<i>Integrated Definition Methods – Simulation</i>
ISI	<i>Web Of Science</i>
NEAAD	Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio a Decisão
NIT	Núcleo de Inovação e Tecnologia
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
SBA	Simulação Baseada em Agentes
SED	Simulação a Eventos Discretos
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
XML	<i>eXtended Markup Language</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Justificativas.....	18
1.3 Condições de contorno da pesquisa	20
1.4 Estrutura da dissertação	20
1.5 Considerações finais	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 Considerações iniciais.....	22
2.2 Simulação a Eventos Discretos.....	22
2.2.1 Vantagens e desvantagens da simulação a eventos discretos	24
2.2.2 Estrutura de um projeto de simulação	26
2.2.3 Aplicação da simulação	29
2.2.4 Simulação Baseada em Agentes	30
2.2.4.1 O comportamento dos agentes	33
2.2.4.2 Modelagem conceitual em SBA.....	36
2.3 Modelagem Conceitual	36
2.3.1 A importância de documentar o processo de modelagem conceitual.....	39
2.3.2 Técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM	40
2.4 Considerações finais	42
3. MÉTODO DE PESQUISA	43
3.1 Considerações iniciais.....	43
3.2 Classificação da pesquisa científica	43
3.3 Definição e etapas do método pesquisa-ação	44
3.3.1 Planejar a pesquisa-ação.....	45
3.3.2 Coleta de dados.....	46
3.3.3 Analisar os dados e planejar as ações	46
3.3.4 Implementar plano de ações	47
3.3.5 Avaliar resultados e gerar relatórios	47
3.3.6 Monitoramento	48
3.4 Considerações finais	48
4. APLICAÇÃO PRÁTICA.....	49

4.1	Considerações iniciais.....	49
4.2	Planejar a pesquisa-ação	49
4.3	Coleta dados e análise dos dados	50
4.3.1	Planejamento das ações	55
4.3.2	Implementação do plano de ações	55
4.5	Metapasso: Monitoramento	63
4.6	Considerações finais	64
5.	RESULTADOS.....	65
5.1	Considerações iniciais	65
5.2	Avaliação da técnica IDEF-SIM revisada	65
5.2.1	Aplicativo IDEF-SIM e sua avaliação.....	66
5.3	Registro do sistema.....	70
5.4	Reconstrução da biblioteca IDEF-SIM - DIA	70
5.5	Considerações finais	71
6.	CONCLUSÕES.....	72
6.2	Sugestões para trabalhos futuros	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	APÊNDICE A – Questionário sobre o IDEF-SIM	80
	APÊNDICE B – Tutorial de criação de símbolos na biblioteca do software DIA	83
	APÊNDICE C – Publicação e submissão de artigos.....	87
	ANEXO A – Tutorial de instalação do <i>software</i> DIA contendo a nova biblioteca do IDEF-SIM.....	88
	ANEXO B – Comprovante de registro do aplicativo IDEF-SIM.....	97

1. INTRODUÇÃO

A simulação é uma técnica que vem sendo empregada nas mais diversas áreas de estudos das Engenharias, e é considerada uma ferramenta poderosa de auxílio a tomada de decisão (PEREIRA, 2017). A mesma é capaz de auxiliar no entendimento de processos ou até mesmo de sistemas mais robustos e permite simular o sistema real sem alteração na prática (BALDWIN, ELDABI e PAUL, 2005).

Existem várias técnicas de modelagem e simulação, como: Simulação a Eventos Discretos, Simulação Baseada em Agentes, Simulação Contínua, entre outras. Entre essas técnicas de modelagem e simulação, a mais tradicional e mais utilizada é a Simulação a Eventos Discretos (SED), que vem crescendo de forma significativa como uma técnica para estimar o comportamento quantitativo dos sistemas (BAGDASARYAN, 2011).

Autores como Chwif e Medina (2006) e Montevechi *et. al.* (2010) afirmam que a maioria dos projetos de simulação pode ser dividida em três grandes fases: a primeira é a fase de concepção, ou seja, entendimento do sistema, nesta etapa os analistas entendem o sistema que será simulado e definem quais serão os objetivos e também os limites de contorno do projeto. O resultado final desta etapa é o modelo conceitual. A segunda fase é chamada de Implementação, nesta fase é realizada a construção do modelo computacional, tomando como base o modelo conceitual, ou seja, o modelo conceitual é transformado em modelo computacional. Por fim, tem-se a última etapa, denominada de análise. Esta fase é responsável por fazer a análise final dos resultados fornecidos pela simulação, assim os analistas podem fazer suas recomendações e conclusões, finalizando, assim o projeto em estudo.

Law (1991), Robinson (2008) e Robinson (2015) afirmam que a fase mais importante de um projeto de simulação é a concepção, pois é uma das etapas dessa fase é construir o modelo conceitual, que permite analisar todo o sistema antes de simular. Ou seja, é a partir do modelo conceitual, que as demais etapas do projeto de simulação serão construídas. Dessa forma, se esta fase inicial que compreende o entendimento do sistema e os objetivos da simulação não estiver bem definida, provavelmente as demais etapas não serão construídas de maneira fiel, assim ao final trabalho, se terão erros e retrabalho. Por isso, os autores Law (1991), Robinson (2008) e Robinson (2015) chamam a atenção para a importância da fase inicial do projeto de simulação.

Conforme Montevechi *et al.* (2010), a fase de concepção se divide nas seguintes etapas: (1) Objetivos e definição do sistema; (2) Construção do modelo conceitual; (3) Validação do

modelo conceitual; (4) Documentação do modelo conceitual; (5) Modelagem dos dados de entrada. Estas etapas representam de forma detalhada como ocorre a fase de concepção de um projeto de simulação. Nota-se que o resultado final tangível dessa fase é o modelo conceitual validado, ou seja, esta passou pela avaliação e julgamento dos especialistas do sistema em estudo, que afirmaram a fidelidade da representação do referido modelo conceitual.

De acordo com Montevechi *et al.* (2007), Montevechi *et al.* (2010), Perera e Liyanage (2000), Oliveira (2010) e Pereira (2017), o modelo conceitual é o ponto de partida de qualquer projeto de simulação. Este modelo por sua vez consiste em representar, geralmente, de maneira simbólica o sistema que será simulado. O analista deve ser capaz de olhar para o modelo conceitual e saber onde é o início do modelo, por exemplo, o local em que a entidade entra no modelo, em seguida, onde esta entidade é processada, e por fim, qual a saída desta entidade. O modelo deve conter as informações principais do sistema que está sendo simulado. Este servirá de guia para a construção do modelo computacional. Para Oliveira (2010) e Pereira (2017), o modelo conceitual é responsável por vários pontos, a saber:

- Pelo fornecimento de informações, ou seja, é a partir do modelo conceitual que o analista irá construir o modelo computacional;
- Pelo aumento da qualidade de modelos computacionais. Quando se tem um sistema bem representado pelo modelo conceitual, o resultado final, será um modelo computacional que represente fielmente o sistema real;
- Pelo apoio à identificação de áreas de melhorias. O modelo conceitual facilita a visualização do sistema como um todo, ou seja, o modelo conceitual por si só é uma ferramenta que permite que o analista já possa enxergar melhorias no sistema, sem mesmo transformar-se em modelo computacional;
- Pelo apoio nas etapas de verificação e validação do modelo computacional. O modelo conceitual também pode ser um auxílio nestas etapas, principalmente, caso ocorra algum problema, assim este pode facilitar o encontro de erros e *bugs*.

Para realizar a modelagem conceitual é importante utilizar uma técnica de modelagem de processo com o propósito de reter as informações de forma organizada, consistente e, principalmente, de fácil compreensão. Após a construção do modelo conceitual, o mesmo deve ser verificado e validado, podendo ser analisado para realizar possíveis melhorias e ajustes na

própria modelagem. Assim, esta facilita a condução da próxima fase e economiza tempo na modelagem computacional (MONTEVECHI *et al.*, 2010, PEREIRA *et al.*, 2015, CHWIF E MEDINA, 2015).

No entanto, Ryan e Heavey (2006) afirmam que as técnicas de modelagem de processos, geralmente, não dão o suporte necessário a um projeto de simulação. Dessa forma, visando suprir essa carência, os autores Leal, Almeida e Montevechi (2008) desenvolveram uma técnica de modelagem conceitual, com base na construção de modelos computacionais, chamada IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods - Simulation*), que permite a elaboração de modelos conceituais, com uma simbologia de fácil compreensão, se baseando para isso na Simulação a Eventos Discretos.

A técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM é relativamente nova, mas tem-se notado o seu crescente uso, com o passar do tempo, principalmente, por investigadores da área da simulação. Na literatura, a técnica IDEF-SIM é abrangentemente utilizada em aplicações na área da Simulação a Eventos Discretos. Como exemplos, têm-se o trabalho de Oliveira (2010), Silva *et al.* (2014), entre outros.

Nota-se que o uso da técnica vem crescendo e esta tem se tornado cada vez mais conhecida. No entanto, percebe-se também que a técnica necessita de uma proposta de revisão, para que esta possa atender amplamente a todos os tipos de simulação e a maior parte de aplicação das áreas. Nesse sentido, foram encontrados alguns trabalhos na literatura, como Nunes e Rangel (2009), por exemplo, que sugerem algumas melhorias a serem incorporadas à técnica, com o intuito de melhorá-la e torná-la mais eficaz e útil para os analistas de simulação. Nesse sentido, esta dissertação vem fazer essa proposta de analisar o que pode ser incorporado e melhorado na técnica, baseando-se na literatura e na prática, e propor a revisão da técnica.

1.1 Objetivos

Considerando o contexto apresentado nesta introdução, o objetivo geral desta dissertação é o de propor a revisão da técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM, por meio da análise e aplicação da técnica em modelos de simulação, a fim de verificar possíveis melhorias a serem incorporadas à técnica.

Para essa pesquisa foi escolhido o método pesquisa-ação, o objetivo de uma pesquisa-ação pode ser dividido em duas etapas realizadas: o objetivo prático e objetivo da pesquisa. Dentro deste contexto, o objetivo desta se desdobra em dois objetivos dentro da pesquisa-ação, a saber:

a. Objetivo da pesquisa: aplicar a técnica de modelagem IDEF-SIM revisada em modelos de simulação, a fim de avaliar sua aplicabilidade. Este objetivo é desdobrado nas seguintes etapas:

- Estudar os casos de aplicações do IDEF-SIM a partir da literatura analisar a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM;
- Entrevistar analistas especialistas de simulação, conhecedores da técnica IDEF-SIM, a fim de identificar possíveis melhorias;
- Propor melhorias baseadas nos encontros da literatura e na prática de analistas de simulação a partir de criação de novos símbolos, caso necessário;
- Aplicar a técnica revisada em modelos conceituais já existentes, caso necessário;
- Analisar a aplicabilidade da técnica revisada.

b. Objetivo prático:

- Desenvolver um aplicativo computacional para sistemas operacionais Android (tablets), a fim de oferecer aos analistas que irão modelar o processo, uma ferramenta que poderá ser utilizada no próprio local de estudo. Assim, os analistas terão a possibilidade de utilizar esse aplicativo e construir o modelo conceitual em tempo real.
- Acrescentar no *software* DIA uma biblioteca específica contendo os símbolos que foram criados, Oferecendo aos analistas mais uma ferramenta de construção de modelos conceituais.

1.2 Justificativas

Isso Bagdasaryan (2011) acrescenta que o ponto mais crítico no desenvolvimento de sistemas complexos é a escolha e a definição da técnica conceitual para representar o domínio do problema de uma forma coerente e natural. Assim, o IDEF-SIM foi criado com esse intuito para projetos de simulação a eventos discretos (LEAL, 2008). Porém, notou-se por meio da literatura e de casos reais, que a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM, em alguns casos, não atende as especificidades da simulação. Sendo assim, surge a ideia da proposta desta dissertação, que vem no intuito de analisar e estudar as necessidades encontradas na literatura e em casos reais, a partir de entrevistas com analistas conhecedores da técnica, para identificar o que pode ser melhorado na técnica, para que a mesma possa atender de maneira mais eficaz e clara as necessidades da simulação.

Como suporte para esta pesquisa foi realizada uma análise bibliométrica, utilizando o termo IDEF-SIM, na base de dados ISI - *Web of Science*, entre o período de 2008 de 2017, em que

os termos foram buscados somente nos títulos, resumos e palavras-chaves. Assim, percebeu-se que a técnica é relativamente nova e que em grandes bases de dados, principalmente, internacionais, não se encontra trabalhos publicados relacionando o termo IDEF-SIM, até o momento desta pesquisa.

Partindo desses resultados, optou-se por realizar as pesquisas em anais de congressos nacionais e internacionais. Além disso, considerou-se também conduzir a busca utilizando a base de dados Plataforma *Lattes*, em que se pretende buscar os pesquisadores que já tiveram publicações relacionadas com a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM. Assim, buscou-se pelos currículos *lattes* de pesquisadores conceituados da área de simulação que utilizam o IDEF-SIM. Essa busca foi realizada a partir da análise de currículo *lattes* dos criadores da técnica de modelagem IDEF-SIM, que pode-se encontrar nesses currículos outros pesquisadores que também trabalham com o IDEF-SIM. Foram no total de seis currículos pesquisados e encontrados.

Dessa forma, encontrou-se uma quantidade significativa de trabalhos publicados que abordam a utilização do IDEF-SIM, o que demonstra que a técnica vem sendo cada vez mais utilizada por eles. Foram encontrados um total de 56 artigos que utilizaram técnica IDEF-SIM em pesquisas de currículo *lattes* de seis pesquisadores.

Alguns anais de congressos também foram analisados bibliometricamente, como: SPBO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional e WSC - *Winter Simulation Conference*. A Figura 1.1 apresenta a quantidade de trabalhos publicados ao longo dos anos relacionado ao tema IDEF-SIM, sendo trabalhos dos congressos SPBO, WSC e currículo *lattes*.

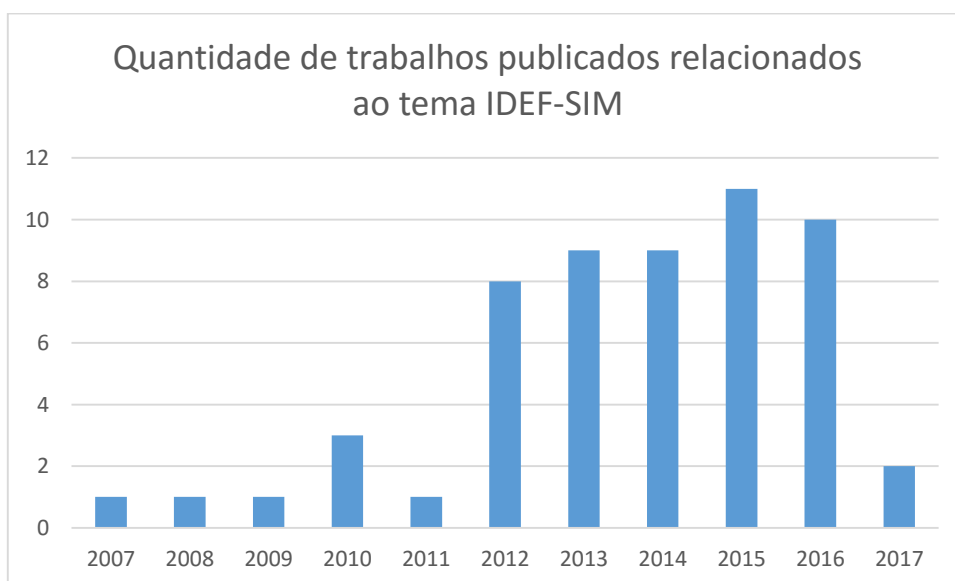


Figura 1.1 - Quantidade de trabalhos ao longo dos anos no SBPO, WSC e plataforma *lattes*

Como apresentado na Figura 1.1, observa-se o elevado número de publicações relacionadas a artigos que abordam estudos que incluem a utilização do IDEF-SIM. Sendo assim, reafirma-se a importância de se estudar e analisar casos de simulação que utilizem a técnica, a fim de verificar se a mesma atende as especificações da simulação.

1.3 Condições de contorno da pesquisa

Como vem sendo abordado, esta dissertação tem o objetivo de analisar e estudar casos de simulação da literatura e da prática, a fim de avaliar se a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM atende as especificidades da simulação. Isso devido, principalmente, ao fato de que a fase de concepção de um projeto de simulação é considerada a fase mais importante e que guiará as demais etapas do projeto de simulação. Sendo assim, esta dissertação vem sugerir uma proposta de revisão para a técnica IDEF-SIM, a fim de melhorá-la e oferecer a analistas de simulação uma técnica de modelagem que atenda as reais características do projeto. Dessa forma, esta dissertação vem propor sugestões de melhorias que poderão ser incluídas a técnica, a fim de sofisticar sua aplicabilidade.

No entanto, este trabalho apresenta alguns limites de contorno. Um deles é o fato de que a pesquisa inicial, para o levantamento das informações relacionadas as possíveis melhorias que poderiam ser implementadas à técnica, foram conduzidas junto ao grupo de pesquisa, no qual a candidata participa. O grupo NEAAD – Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio a Decisão, foi selecionado como fonte de coleta de dados para o desenvolvimento desta dissertação, pois a técnica inicialmente foi criada por um dos membros e também porque todos os membros que compõem este grupo, fazem uso da técnica em seus projetos. Sendo assim, eles possuem experiência e conhecimento suficientes para sugerir melhorias. E também, por ser um grupo de fácil acesso, possibilitaria o acesso melhor aos dados.

Outro ponto a se considerar, foi o fato de que os casos de simulação utilizados para refazer os modelos conceituais utilizando a técnica revisada, foram casos também desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NEAAD. Como esta revisão é uma ideia inicial, a seleção desses casos, proporcionaria um melhor retorno da aplicação, por se tratar de casos conhecidos pelo grupo que possibilitaria a fiel representação do sistema em estudo.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos. O Capítulo 1 demonstrou a contextualização da pesquisa, as justificativas, os objetivos, os limites de contorno e a estrutura

da dissertação. No Capítulo 2, é apresentado o embasamento teórico, com base na literatura, para a realização dessa pesquisa. Já o Capítulo 3 explanará o método de pesquisa utilizado. No Capítulo 4 é apresentada a aplicação prática desse trabalho. O Capítulo 5 demonstrará os resultados obtidos ao longo dessa pesquisa. Por fim, o Capítulo 6 descreve as conclusões e os trabalhos futuros.

1.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou a contextualização do tema de pesquisa desta dissertação, bem como as justificativas, os objetivos, os limites de contorno e a estrutura da dissertação. A próxima seção se concentrará em apresentar conceitos básicos sobre os principais temas desta pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações iniciais

O presente capítulo apresenta a fundamentação teórica utilizada para contextualizar essa pesquisa. Os principais conceitos abordados foram os de simulação computacional e modelagem conceitual.

Para apresentar esses conceitos foram analisados e estudados artigos de periódicos nacionais e internacionais, artigos apresentados em congressos, livros de autores importantes da área, dissertações e teses.

2.2 Simulação a Eventos Discretos

A simulação acompanhou desde o princípio, a evolução e o crescimento do âmbito da computação (ROBINSON, 2005). Os primeiros modelos de simulação foram concebidos por linguagens de programação de aplicação genérica, utilizando a linguagem de programação FORTRAN® (PIDD, 2004).

A história da Simulação a Eventos Discretos (SED) se inicia na década de 1950 (HOLLOCKS, 2005). Para Albright e Winston (2007), a simulação, por muitas décadas foi uma das técnicas mais conhecidas de apoio à decisão. Siebers *et al.* (2010) também afirmam que a Simulação a Eventos Discretos (SED), foi nos últimos anos, a ferramenta mais utilizada para o apoio da decisão e o principal instrumento utilizado em Pesquisa Operacional.

A simulação é a imitação da operação de um processo de mundo real ou sistema ao longo do tempo. Na última década, a simulação tornou-se a técnica mais popular para desenhar modelos de sistemas de produção que simulam operações reais e analisar diferentes cenários, mantendo o controle de custos e tempo, reduzindo a necessidade de realizar experiências da vida real (AHMED, SCOBLE e DUNBAR, 2016). Já os autores Kelton, Sadowski e Sturrock (2007) afirmaram que a simulação era uma ferramenta de alto custo, sendo utilizada apenas por grandes corporações.

Para Banks *et al.* (2005), a simulação é uma técnica que é utilizada como forma de apoio à tomada de decisão. Anglani *et al.* (2002), acreditam que a simulação é umas das técnicas mais aplicadas para analisar projetos de sistemas fabris.

Segundo Burse *et al.* (2015), a simulação é uma ferramenta eficiente que se emprega nos contextos empresarias, dando assistência para o gerenciamento da produção e demais operações

nas organizações. Dessa forma, a técnica de simulação se define na representação de um item ou evento, onde seu principal objetivo é simular um sistema real, para que possa explorá-lo, realizando experimentos e entendendo o sistema antes de implementar mudanças no sistema real, com as opções de alternativas para representar a realidade (ALBRIGHT e WINSTON 2007). Os autores Baldwin, Eldabi e Paul, (2005) também acreditam que é uma técnica capaz de auxiliar no processo de tomada de decisão de uma organização, permitindo simular a realidade sem alteração no sistema real.

Pereira *et al.* (2015) afirmam que a simulação é uma técnica que tem sido cada vez mais aplicada para auxiliar nas decisões. É utilizada para avaliar sistemas envolvendo aplicações em manufatura e logística. O comportamento de um sistema que evolui ao longo do tempo pode ser estudado através do desenvolvimento de um modelo de simulação (SHAWKI *et al.*, 2015). Os autores Sakurada e Miyake (2009), descrevem a simulação como sendo uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes.

A simulação busca representar a realidade por meio do emprego de modelos, buscando possíveis alternativas para alcançar a melhor decisão. Os modelos de simulação são representados por construções matemáticas e/ou lógicas e são motivados em distribuições estatísticas que inserem variações randômicas dentro do modelo (MONTEVECHI *etal.*, 2007). É importante saber também o que a simulação não é, Chwif e Medina (2015) retratam o que a simulação não representa:

- Uma bola de cristal, ou seja, a simulação não prevê o futuro. Ela pode prever o comportamento esperado baseado em uma entrada de dados respeitando um conjunto de premissas;
- Um modelo matemático, mesmo que o modelo utilize fórmulas matemáticas, não existe uma expressão analítica direta que interfira nos resultados sobre o comportamento do sistema;
- Uma ferramenta estritamente de otimização, a simulação é uma ferramenta capaz de produzir e analisar cenários, podendo ser combinada com algoritmos de otimização, mas a simulação por si só não é capaz de otimizar modelos;
- Substituta do pensamento inteligente, a simulação apenas auxilia no processo de tomada de decisão, não substituindo a análise do ser humano nesse processo;

- Uma técnica de último recurso, a simulação tem sido uma das técnicas mais utilizadas na pesquisa operacional;
- Um remédio que irá solucionar todos os problemas, deve-se especificar bem quais problemas o modelo de simulação representará.

Fujimoto (2015) afirma que a simulação captura o comportamento do sistema real ou previsto, ao longo do tempo. Assim, a SED inclui dois conceitos: variáveis de estado, que capturam o estado do sistema que está sendo modelado, e cálculos de eventos ou simplesmente eventos, que fazem a transição das variáveis de estado para o estado seguinte. Esses estados acontecem através dos cálculos de eventos estabelecidos.

Outras definições também são encontradas na literatura quando se refere à SED, autores como Morabito Neto e Pureza (2012) e Banks (1998) definem a simulação como a representação de um sistema real através de um modelo computacional, ocasionando a percepção do sistema e consequentemente, implementação de mudanças e respostas de questões do tipo “o que aconteceria se” (*what - if*), minimizando assim o custo e o tempo.

Os autores Harrel, Ghosh e Bowden (2004) acreditam que o futuro da simulação continuará a expandir conforme a tecnologia de *softwares* avança, tornando os modelos mais acessíveis aos desenvolvedores e analistas de simulação.

2.2.1 Vantagens e desvantagens da simulação a eventos discretos

Na literatura alguns autores ressaltam as vantagens da simulação. Os autores O’KANE *et al.* (2000), destacam que utilizar métodos de simulação é o mais apropriado para o entendimento de um sistema de manufatura, do que a utilização de métodos matemáticos tradicionais, devido às diversas operações discretas ocorrendo aleatoriamente ou ao seu comportamento não linear. A técnica de simulação possui uma outra vantagem: lida com dados aleatórios interdependes e discretos. Sua aplicação envolve também o uso de um computador (*software*) para simular a operação de um processo ou sistema (HILLIER e LIEBERMAN, 2010).

Shannon (1998) apresenta as seguintes vantagens para o uso da simulação:

- Possibilidade de testar leiautes e projetos sem comprometer recursos para a implantação;
- Pode ser utilizada para explorar novas políticas de estoque, procedimentos operacionais, regras de decisão e fluxo de informações, sem interrupção do sistema real;
- Permite o controle do tempo, uma vez que se pode executar o modelo simulado por vários meses ou anos em questão de minutos, permitindo uma rápida análise ao longo do tempo ou desacelerar um fenômeno para o compreender melhor;

- Permite identificar gargalos no fluxo de informações, materiais ou produtos e testar opções para aumentar a taxa de fluxo;
- Permite adquirir conhecimento de como o sistema modelado realmente trabalha e compreender quais variáveis são importantes para seu desempenho.

Já para Law e Kelton (2000) a simulação possui as seguintes vantagens:

- Propicia a replicação de experimentos, permitindo a realização de testes com alternativas diferentes para o sistema;
- É capaz de simular longos períodos de simulação em pouco tempo;
- Permite testar o sistema simulado, evitando gastos desnecessários como a compra de um equipamento;
- Fornece melhor controle sobre as condições experimentais, do que seria possível no sistema real, sendo possível fazer várias replicações designando valores aos parâmetros.

Alguns autores na literatura também destacam algumas desvantagens da simulação. Segundo Shannon (1998), coletar dados de entrada confiáveis, pode consumir muito tempo e a simulação acaba não compensando, o que proporciona coleta de dados inadequada ou decisões equivocadas na gerência dos dados.

O que inferioriza a técnica SED, é que a mesma proporciona apenas estimativas estatísticas e não oferece resultados exatos, possibilitando uma alternativa ideal para um dado problema, apenas se algum método de otimização for utilizado em conjunto com o modelo de simulação (STEPONAVIČĚ, RUUSKA e MIETTINEN, 2014).

Banks *et al.* (2005) ressaltam que apesar das vantagens que a simulação apresenta também possui desvantagens, como: os modelos de simulação são, em geral, caros e consomem tempo para serem desenvolvidos, se um modelo não for a representação adequada de um sistema, sua real utilidade será mínima, a construção de modelos requer treinamento especial, a modelagem e a análise podem tomar muito tempo.

Os autores Law e Kelton (2000) descrevem algumas desvantagens da SED:

- Os modelos de simulação consomem muito tempo para serem desenvolvidos, na maioria dos casos, e requer um conhecimento sobre algum *software* de simulação ou até mesmo linguagem de programação;
- Consome-se bastante tempo na coleta dos dados de entrada, e mesmo após vários testes e verificações, os dados podem ser questionáveis;

- Os resultados derivados dos simuladores podem ser complexos demais para serem interpretados pelos tomadores de decisões;
- Em geral, os modelos de simulação não apresentam por si só uma solução ótima, sendo útil apenas como ferramenta de análise de uma condição que já foi preestabelecida.
- Para realizar a otimização o modelo deve utilizar outras ferramentas.

Fujimoto (2015) ressalta que os simuladores, geralmente, exigem um alto desempenho de processamento dos computadores, sendo assim uma desvantagem. Dessa forma, uma solução para esse problema é utilizar plataformas que incluem multiprocessadores de memória compartilhada.

2.2.2 Estrutura de um projeto de simulação

De acordo com Banks (2000), a simulação é uma metodologia indispensável na solução de muitos problemas do mundo real, sendo possível descrever e analisar o comportamento do sistema proposto fazendo modificações, analisando o desempenho das mudanças, antes que sejam, de fato, implementadas. Com o avanço da tecnologia utilizada nos *softwares*, cada vez mais gerentes estão utilizando a simulação por seus inúmeros benefícios, como por exemplo, diagnosticar problemas, identificar restrições, visualizar planos, viabilidade dos investimentos, etc., que vão além de apenas visualizar os possíveis cenários.

Diante disso, os projetos de simulação, assim como demais tipos de projetos, devem ser bem estruturados e planejados (ALMEIDA, 2010). Algumas estruturas de projetos de simulação podem ser encontradas na literatura, como Chwif e Medina (2015), Montevechi *et al.* (2010). Montevechi *et al.* (2015) afirmam que existem alguns procedimentos na literatura que auxiliam o analista no desenvolvimento de projetos de simulação. Esta sistemática ilustra o ciclo de vida de um projeto. Geralmente, o projeto se divide em tarefas que o analista deve seguir para construir um modelo de simulação. Segundo Montevechi *et al.* (2010), um projeto de simulação é dividido em três fases, e cada fase é composta por tarefas a serem cumpridas: fase de concepção (modelo conceitual), fase de implementação (modelo computacional) e fase de análise (modelo operacional), exemplificados na Figura 2.1. Pereira *et al.* (2015) também dizem que a maioria dos projetos de simulação pode ser dividida em três etapas: concepção, implementação e análise. E que cada etapa possui suas atividades que devem ser concluídas.

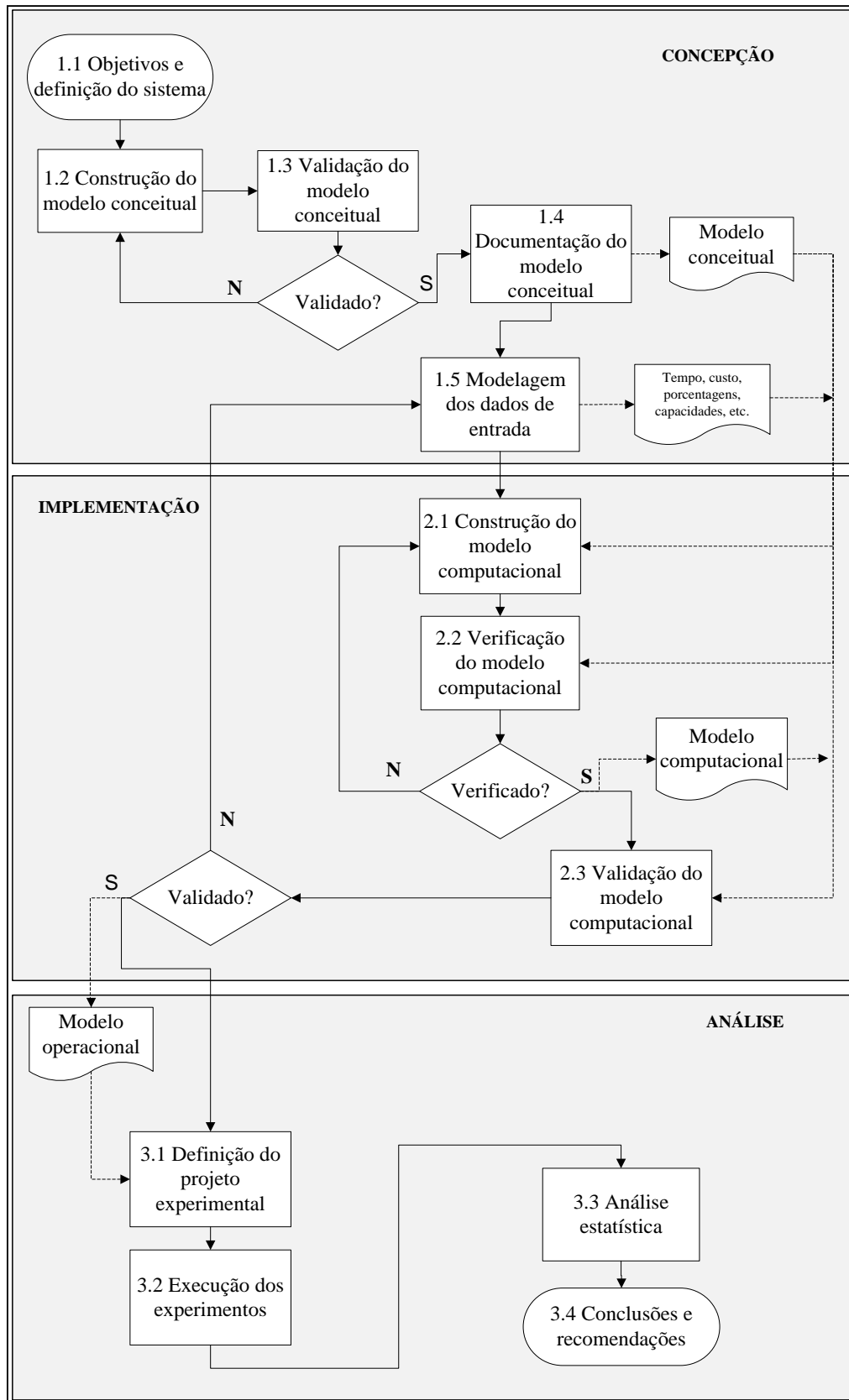


Figura 2.1 - Sequência de passos para um projeto de simulação
 Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

Conforme apresenta a Figura 2.1, a primeira etapa é a concepção, ou seja, o primeiro passo em um projeto de simulação. Etapa esta onde se define quais os objetivos devem ser alcançados com o desenvolvimento do projeto e se determina qual o sistema será simulado, para alcançar os objetivos traçados. É realizado também o escopo do projeto e o nível de detalhamento que será adotado (PEREIRA *et al.*, 2013). Conforme Costa *et al.* (2010), nessa etapa também se define a equipe do projeto, junto aos objetivos e o escopo do modelo.

Essa etapa permite conhecer o processo a ser simulado, delimitar o sistema, determinar os objetivos da pesquisa, o escopo e o nível de detalhe para o modelo (ROBINSON, 2008). A etapa de concepção inclui desenvolver um modelo abstrato do sistema de mundo real em estudo, que é chamado de modelo conceitual (PEREIRA *et al.*, 2015).

Ao criar o modelo conceitual, o mesmo permite auxiliar na coleta de dados, indicando os pontos a serem coletados e com isso acaba acelerando a criação do modelo computacional. Assim, a formulação do modelo conceitual inclui o levantamento de suposições sobre os elementos e a estrutura do sistema e as hipóteses sobre os parâmetros e variáveis envolvidas (SAKURADA e MIYAKE, 2009).

Após a construção desse modelo conceitual faz-se necessário que ocorra a validação deste modelo, que é crucial para seguir para as próximas fases. Muitas vezes, essa etapa validação é feita através da validação face a face. Ou seja, quando os especialistas do sistema consideram se o modelo conceitual representa fielmente o sistema modelado (SARGENT, 2009).

Por fim é necessário documentar o modelo computacional, embora muitas vezes este não seja documentado, a prática de documentar é muito importante registrar a real representação do modelo para assim agilizar as próximas etapas (CHWIF e MEDINA 2006).

A modelagem dos dados de entrada deve receber certa atenção, pois são dados que representam o comportamento real e podem ser utilizados em uma fase posterior de validação (SAKURADA e MIYAKE 2009).

Na etapa seguinte, ou seja, na implementação, deve-se escolher um *software* e transformar o modelo conceitual em modelo computacional. Portanto, consiste na tradução dos sistemas do mundo real em um modelo específico computacional (PEREIRA *et al.*, 2015, SLOOT, PIMENTEL e HERTZBERGER, 1998). Esse modelo precisa ser verificado e validado, após sua construção (PEREIRA *et al.*, 2013).

A verificação do modelo computacional é feita para corrigir eventuais erros ou incoerências no modelo. Já a validação é operacional, sendo determinada como a decisão do comportamento do

modelo simulado, captura exatidão suficiente para representar o modelo real dentro da aplicabilidade a qual se destina (SARGENT, 2009).

Sargent (2009) apresenta as seguintes técnicas de validação: animação, testes degenerativos, validade de eventos, validação com dados históricos, métodos históricos, validade interna, gráficos operacionais, análise de sensibilidade, validação preditiva, rastros e teste de *Turing*.

E na terceira etapa, segundo Montevechi *et al.* (2007), o modelo computacional deve ser submetido à variações e diversos experimentos, sendo obtidos desta maneira vários cenários, para que as respostas possam ser analisadas e comparadas com o sistema real. Esta fase de análise é crucial para as tomadas de decisões. Os resultados são originados a partir das saídas geradas nas rodadas da simulação computacional (PEREIRA *et al.*, 2015).

2.2.3 Aplicação da simulação

A Simulação a Eventos Discretos é comumente empregada para analisar sistemas envolvendo aplicações em diversas áreas como manufatura, logística, hospitalar entre outras. Isto ocorre, pois, os ambientes de desenvolvimento de modelos de simulação permitem uma modelagem rápida e com alto grau de detalhes de aspectos relacionados à natureza dinâmica e estocástica de tais sistemas. Assim, muitas empresas vêm buscando implantar melhorias em seus processos produtivos, através da experimentação computacional em modelos de simulação cada vez mais realísticos (BANKS *et al.*, 2010).

Banks *et al.* (1998) descreveram as possíveis áreas de aplicação da simulação e as vantagens em cada área:

- Manufatura: permite minimizar atrasos de peças pré-fabricadas antes da montagem, análises dos efeitos de níveis de trabalhos nos processos.
- Sistemas públicos em:
 - Sistemas de saúde: avaliar o desempenho de algum processo ou equipamento, que eventualmente possa ser utilizado nos pacientes, taxas de ocupação etc.;
 - Área militar: auxilia na verificação de equipamentos, permitindo implementação de medidas eficaz de reengenharia;
 - Recursos naturais: decisão de controle que impacta a natureza;
- Sistemas de serviços:
 - Transporte: permite verificar e analisar o tráfego de veículos através de animações;

- Sistemas de comunicação: analisar redes de telecomunicações;
- Performance de sistemas computacionais: utilizado para a verificação da transição dos processos e evolução de grandes *data-bases*.

2.2.4 Simulação BBaseada em AAgentes

A técnica de Simulação Baseada em Agentes (SBA) possui a capacidade de se adaptar facilmente em qualquer ambiente de mudanças. Tem uma abordagem de modelar sistemas cada vez mais complexos por agentes autônomos que interagem em um conjunto de regras que conduzem suas ações e interações (MACAL e NORTH, 2005).

A SBA recebeu ultimamente grande atenção na literatura (CHATFIELD, HAYYA e HARRISON, 2007). Essa técnica é uma abordagem nova de modelagem que tem ganhado cada vez mais atenção atemporal (MACAL e NORTH 2009).

Para Macal e North (2014), a SBA é uma modelagem computacional que permite simular processos dinâmicos, envolvendo agentes autônomos, ou seja, admite simular a individualidade de cada agente, permite também simular noções de comportamento e até mesmo tomar decisões no próprio modelo. A técnica de SBA representa sistemas como conjuntos de unidades autônomas que realizam ações e interagem de acordo com um conjunto de regras ou comportamentos definidos. É uma abordagem atraente para os modeladores. Os modelos de SBA também podem representar efetivamente sistemas descentralizados e situações particulares.

Colier e Ozik (2013) afirmam que a SBA é um método que permite calcular as possíveis consequências em termos de comportamento de grupos individuais nos sistemas. Ela também permite que os modeladores especifiquem regras de comportamento individual de cada agente; e também descrevem as circunstâncias ou a topologia na qual os indivíduos agem; e, em seguida, executam as regras para determinar possíveis resultados ao nível do sistema.

Para Sanchez e Lucas (2002), a SBA compreende modelos que possuem várias entidades, podendo ser representadas estocasticamente, respondendo às condições em seus ambientes locais, imitando o comportamento de sistemas complexos de grande escala. Os modelos se concentram na modelagem dos comportamentos de muitos subsistemas ativos separados (atores, agentes unidades) que compõem um sistema inteiro e que influenciam uns aos outros, através de suas interações dinâmicas. Os agentes podem executar vários comportamentos adequados para o sistema que eles representam. No processo de operação, o agente pode alterar, tanto o ambiente externo, como seu próprio comportamento (BAGDASARYAN, 2011).

A SBA está se tornando uma ferramenta poderosa para estudar os fenômenos evolutivos, ecológicos e sociais em diferentes disciplinas como a economia, geografia, física, biológica e ciências sociais. Tais sistemas são caracterizados pelas propriedades globais que não podem ser deduzidos apenas olhando para o comportamento de cada componente (MASHHADI, ESMAEILIAN e BEHDAD, 2016; MACAL e NORTE, 2014).

A modelagem e simulação baseada em agentes tem suas raízes históricas no estudo de sistemas adaptativos complexos (CAS – *Complex Adaptive Systems*), originalmente, motivado por investigações sobre a adaptação e surgimento de sistemas biológicos. A característica definidora destes sistemas adaptativos complexos é a capacidade de se adaptar a um ambiente em mudança. Além de aprender com o tempo para responder eficazmente a situações novas. A capacidade de adaptação é um dos principais recursos de um sistema complexo adaptativo (NORTH e MACAL, 2007).

Segundo Bonabeau (2002), esse tipo de simulação é uma atitude mais do que uma tecnologia. Esta mentalidade consiste em descrever um sistema a partir da perspectiva de suas unidades constituintes. O modelo baseado em agentes é como um conjunto de equações diferenciais, cada uma descrevendo a dinâmica de uma das unidades constituintes do sistema. Para Colier e Ozik (2013), a modelagem e a simulação baseada em agentes é um método de calcular as potenciais consequências ao nível do sistema do comportamento de grupos de indivíduos. E também permite, aos modeladores, especificar as regras comportamentais individuais de cada agente; descrever as circunstâncias ou a topologia em que os indivíduos agem; em seguida, executar as regras para determinar possíveis resultados a nível de sistema. A modelagem e simulação baseada em agentes é aplicada a sistemas humanos, é resumida da seguinte maneira segundo Bonabeau (2002):

- As interações entre agentes são complexas, não lineares, descontínuas ou discretas;
- O espaço é crucial e a posição dos agentes não é fixa;
- A população é heterogênea, cada indivíduo é (potencialmente) único;
- A topologia das interações é heterogênea e complexa;
- Os agentes apresentam comportamentos complexos como aprendizado e adaptação.

Macal e North (2008) acreditam que a SBA está se difundindo por uma razão, é porque vivemos em um mundo cada vez mais complexo, ou seja, os sistemas estão contendo muitas

interdependências e as ferramentas de modelagem tradicionais já não estão suportando mais tanta complexidade dos modelos.

A seguir será demonstrado, na Tabela 2.1 uma comparação entre as funcionalidades oferecidas pela SED e SBA de acordo com a literatura. Fica evidente que existem vantagens e desvantagens da utilização de cada abordagem de simulação, dependendo do objetivo do estudo de cada modelo que se pretende analisar e simular. Para aplicações em sistemas de operações, observam-se possibilidades de benefícios provenientes da combinação das duas abordagens.

Tabela 2.1 - Comparação entre SED e SBA

Elementos que devem ser modelados		Simulação a Eventos Discretos (SED)	Simulação Baseada em Agentes (SBA)
Entidades e recursos	Individualização das entidades e recursos	Desconsidera os comportamentos proativos das entidades. Mas permite definir grupos distintos de entidades com características em comum que seguem fluxos apontados no processo.	O comportamento de cada entidade é individual, definido através de estados, ligado por eventos e condições do sistema. Possibilita modelar grupos heterogêneos, nas quais cada agente pode ter estímulos e motivações particulares.
	Interação entre entidades e recursos	A interação entre entidades é modelada em conjunto, não sendo detalhado o fluxo de comunicação entre entidades e sua influência no processo simulado.	A interação pode ocorrer entre entidades através da troca de informações podendo alterar o comportamento dos elementos e influenciar nas tomadas de decisões no sistema simulado.
	Movimentação das entidades e recursos no modelo	Tem complexidade para simular caminhos inesperados das entidades. Todas as definições de processo e rotas devem ser predeterminadas no fluxo do processo durante a programação do modelo pelo meio de decisão antecipadamente programados.	Possibilita livre movimentação das entidades no sistema de acordo com os estímulos do ambiente que são recebidos e processados pelas entidades e/ou recursos. Não requer que as rotas que podem ser percorridas sejam previamente determinadas.

Processos	Definição do fluxo de Atividades, Esperas e Filas	Permite facilidade em modelar funções e blocos predefinidos. O comportamento global é definido basicamente por macros.	Criação de modelos de comportamentos é realizado individualmente e o comportamento global do sistema surge das interações individuais.
Reconfiguração do modelo na simulação	Transição de estados das entidades e recursos	A reprogramação é difícil para entidades e recursos durante a simulação. Pois é preciso simular diferentes rodadas para analisar os comportamentos.	Podem ser reconfigurados facilmente durante a simulação a transição de estados, permitindo a modelagem de cenários flexíveis.

Fonte: AAdaptado de Sakurada e Miyake (2009)

2.2.4.1 O comportamento dos agentes

O agente atua por conta própria, sem direção externa em resposta a situações a simulação, podendo também modelar uma população de agentes autônomos, cada um com suas próprias características e comportamentos. A simulação que lida com agentes é comumente utilizada para modelar o indivíduo e tomar decisões, analisar comportamentos sociais e organizacionais (BONABEAU 2001).

Estas noções de comportamento, a tomada de decisões e interação aplicam-se a modelar muitos tipos de sistema. O conceito de agente em geral tem ampla aplicabilidade e na maioria das vezes pode representar pessoas ou grupo de pessoas, representando relações nos processos de interação social (GILBERT e TROITZSCH, 2005).

Para os autores como Zhang e Zhang (2007) e Smith *et al.* (2007), o conceito de agente é altamente abstrato e não há uma precisa definição deste termo na literatura de modelagem de sistemas. Assim, qualquer entidade do modelo de simulação que contenha os seguintes atributos pode ser considerada um agente:

- Comportamento autônomo (proativo ou reativo);
- Visão de mundo individual;
- Capacidade de comunicação e cooperação (interatividade),
- Mobilidade espacial.

Para Chatfield, Hayya e Harrison (2007), os agentes são representados como componentes autônomos ou semiautônomos que interagem uns com os outros, bem como com o seu ambiente através de um conjunto de regras que governam seu movimento, ações, decisões e interações

com outros agentes. Além dos dados do estado, as regras e as políticas de decisão, o sistema de agente deve definir um ambiente que especifica os critérios e restrições sobre o movimento agente, atividades e interações com outros agentes. A soma das ações dos agentes e mudanças para todo o conjunto de agentes representam a operação do sistema. Agentes são capazes de tomar decisões por conta própria, cada agente avalia individualmente a situação e toma decisões com base em um conjunto de regras de decisão. Esta característica do SBA permite que os formuladores de políticas se concentrem no comportamento individual microscópico, bem como o padrão macroscópico de uma epidemia emergente em uma escala maior. Os agentes são capazes de mudar seus estados e comunicar com base em regras simples (KASAIE e KELTON, 2013).

Macal e North (2008) apresentam algumas características comuns aos agentes:

- São indivíduos identificáveis e que levam um conjunto de atributos e regras que conduzem seu comportamento e capacidade de tomada de decisão;
- São localizados no sistema modelado e capazes de interagir com outros agentes;
- Possuem protocolos de interação (ex. protocolos de comunicação) e a capacidade de responder ao ambiente;
- São direcionados a um desígnio;
- Possui autonomia;
- Oferecem flexibilidade e habilidade para instruir-se e adaptar-se ao longo do tempo com base em experiências;
- Suas próprias regras de comportamento podem ser modificadas por regras adicionais.

Segundo Macal e North (2013), para fins práticos de modelagem, considera-se que os agentes têm certas propriedades e atributos, como se segue (Figura 2.2):

- Modularidade: um agente é um indivíduo identificável, discreto com um conjunto de características ou atributos, comportamentos e capacidade de tomada de decisão. O requisito modularidade implica que um agente tem um limite que pode ser determinado facilmente se algo (isto é, um elemento de estado do modelo) é parte de um agente, não é parte de um agente ou é uma característica comum entre os mesmos.
- Autonomia: um agente pode funcionar de forma independente em seu ambiente e em suas interações com outros agentes, geralmente a partir de uma gama limitada de situações que são de interesse e que surgem no modelo. O comportamento do agente refere-se a um

processo que liga as informações que este sente de seu ambiente e as interações de suas decisões e ações.

- **Sociabilidade:** um agente é social, pois interage com outros agentes. Protocolos de interação comuns incluem a disputa por espaço, evitar colisões, o reconhecimento do agente, comunicação, troca de informações, influência, etc. ou o domínio de mecanismos específicos do aplicativo.
- **Condicionalidade:** um agente tem um estado que varia ao longo do tempo. Assim, como um sistema tem circunstâncias que consistem na coleta de suas variáveis de estado e que representam a sua condição, onde as variáveis essenciais estão associadas a sua situação atual. Esta circunstância consiste num conjunto ou subconjunto de seus atributos. O estado de um modelo baseado em agentes compreende a situação coletiva de todos eles e o ambiente em que seus comportamentos são condicionados. Quanto mais diversificado o conjunto de possíveis estados de um agente, mais rico o conjunto de comportamentos que um agente pode ter.

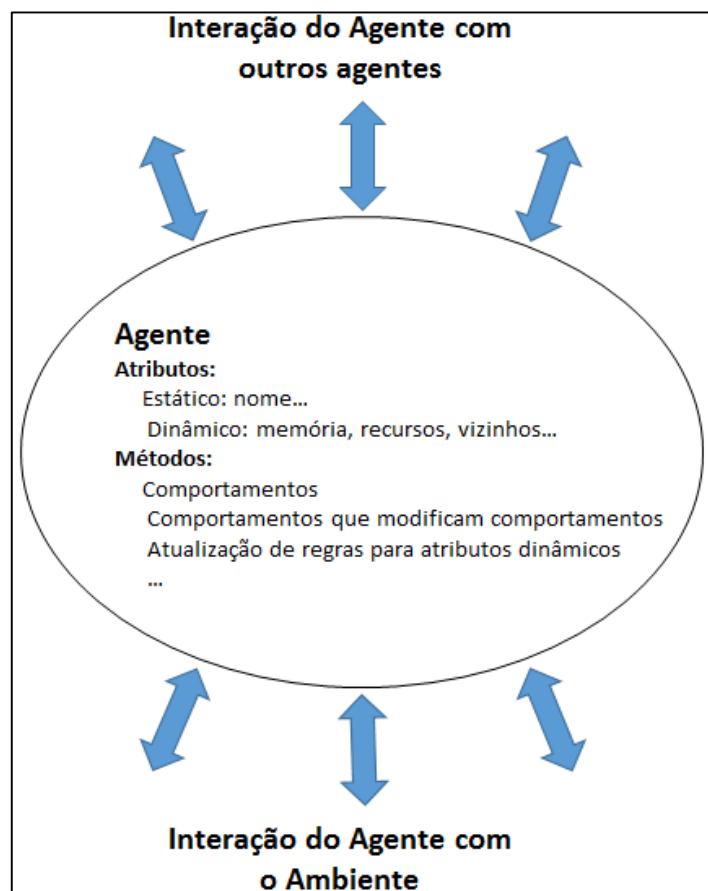


Figura 2.2 - Interação do Agente com o ambiente
Fonte: Adaptado de Macal e North (2013)

2.2.4.2 Modelagem conceitual em SBA

Basicamente, a literatura enfatiza métodos de modelagem conceitual para SBA. Segundo Bauer *et al.* (2001), o primeiro método é o Agente UML (*Unified Modeling Language*), com o propósito de alcançar o uso dos agentes dentro do contexto industrial com base na linguagem orientada a objetos, considerando sempre o desenvolvimento de todo o ciclo de vida do sistema. O segundo método oferecido pela literatura é o Protocolo ODD (*Overview, Design concepts, and Details*), criado por Grimm *et al.* (2006). Foi desenvolvido para padronizar os modelos de SBA. O principal objetivo do protocolo é auxiliar na documentação dos modelos e torná-los compreensíveis e completos, registrando os passos da fase de concepção, auxiliando assim, o entendimento dos modelos (GRIMM *et al.*, 2006).

Esse protocolo possui três categorias e direcionamentos que devem ser seguidos, como segue:

- *Overview* (Visão Geral): definir o propósito e os objetivos do modelo que se pretende simular, identificar as entidades, variáveis e os estados que um determinado agente tem, obtendo uma visão geral do processo ou sistema;
- *Design Concepts* (Conceitos de Concepção): especifica informações de cada entidade e variável, os conceitos e *design*. Sua função é padronizar características do modelo de SBA que não podem ser representadas por equações ou esquemas conceituais. Nessa etapa deve-se extrair onze itens para explicar o modelo conceitualmente, sendo: o princípio básico, emergência, adaptação, objetivos, aprendizagem, previsão, sensoriamento, interação, estocasticidade, coletividades e observação.
- *Details* (Detalhes): compõem elementos de inicialização que descrevem as condições iniciais do modelo, os dados de entradas e os submodelos que possuem a descrição mais detalhada dos processos (GRIMM *et al.*, 2012).

2.3 Modelagem Conceitual

Robinson (2011) define a modelagem conceitual como sendo a abstração de um modelo de simulação, a representação do sistema real ou sistemas hipotéticos, ou seja, é uma descrição do modelo computacional.

Para os autores Kotiadis e Robinson (2008), a modelagem conceitual é o processo de abstrair um modelo do mundo real, isto é, inicialmente, o analista avalia a situação problema que será simulado, depois ele deve determinar quais os aspectos do mundo real deve incluir e excluir do modelo e qual o nível de detalhamento cada aspecto terá. Essa decisão deve ser um acordo entre

o analista e as partes envolvidas (*stakeholders*). Os mesmos autores afirmam também que todo o processo da modelagem conceitual demanda decisões que serão tomadas para definir o escopo, o nível de detalhes, as suposições a serem feitas sobre o modelo real e implicações do modelo.

O objetivo da modelagem conceitual é apresentar os elementos do sistema em estudo e para essa apresentação, o conhecimento das regras funcionais do sistema é fundamental para a criação dos modelos que deve ser feita por representação em diagramas, fluxogramas, etc. (SHEPPARD, 1983).

Na construção de um modelo conceitual é necessário simplificar o sistema que se deseja simular e dar suposições sobre o que não se sabe sobre o mesmo. O segredo para o sucesso da modelagem conceitual é fazer o nível correto de simplificação, isto é, abstrair o nível certo de informações para a construção do modelo (ROBINSON, 2011).

Robinson (2008) afirma que a modelagem conceitual para a simulação se resume a um processo de abstração em que os elementos essenciais de um sistema real ou hipotético podem ser retidos. O mesmo autor, após realizar uma revisão literária afirma que a modelagem conceitual:

- Deixou de ser apenas uma situação-problema, através de levantamentos de requisitos para uma definição do que ser modelado;
- É iterativa e repetitiva, no que diz respeito às perspectivas do cliente e ao modelador.

O autor, acima citado, argumenta que a etapa de modelagem conceitual traz muitos benefícios, que incluem a identificação dos dados requeridos pelo modelo computacional, o aumento da velocidade em que o modelo é desenvolvido, maior confiança e credibilidade na validade do modelo computacional e, por fim, o aumento na velocidade de tempo em relação aos experimentos computacionais e mais confiança nos resultados.

Uma vantagem da modelagem é o aumento da qualidade nos modelos de simulação e a redução do tempo para construir modelos computacionais (PERERA e LIYANAGE, 2000). Um modelo conceitual pode guiar a etapa de coleta de dados, de forma a definir os pontos que merecem atenção, para acelerar o processo de elaboração do modelo de computador (Montevechi *et al.*, 2010).

Os autores Ryan e Heavey (2006) apresentam algumas técnicas existentes na literatura para construir modelos conceituais em projetos de simulação computacional e suas respectivas vantagens e desvantagens. Essa descrição se encontra na Tabela 2.2 a seguir:

Tabela 2.2 -Vantagens e desvantagens de algumas técnicas de construção de modelos conceituais

Técnica	Vantagens	Desvantagens
Redes Petri	Os modelos são representados em forma de grafos, com posições e transições das etapas, permitindo a representação gráfica e matemática da lógica presentes na simulação.	Não possui forma visual de ramos lógicos abstratos, o que acaba se tornando confuso em sistemas complexos.
IDEF0	Proporciona criação de modelos com fácil interpretação e com capacidade de incremento. Evidencia os elementos funcionais de um sistema, como a interação entre as atividades de um processo produtivo e os seus elementos.	Não demonstra as ramificações do sistema, elaboração textual de modelos gráficos.
IDEF3	Tem elementos lógicos que buscam desenvolver uma dinâmica na figuração dos eventos e atividades do sistema. Fornece detalhamento e registro das atividades.	Não retrata fluxo de informação ou a modelagem da perspectiva do usuário.
UML	Proporciona um fluxo ordenado para as atividades e apresenta várias etapas de um sistema. Evidencia facilidade na interpretação visual, melhorando a comunicação entre os analistas e clientes.	Não apresenta fluxo de informações, recursos ou uma forma de elaborar o modelo gráfico textualmente.
<i>Role Activity Diagrams</i> (Diagramas de atividades de regras)	Propicia ao usuário a participação ativa na construção do modelo, demonstrando suas perspectivas e necessidades. A lógica do modelo pode ser facilmente construída.	As variáveis do sistema, disponibilidade de informações e interações com os processos e recursos são ineficazes.

Fonte: AAdaptado de Ryan e Heavey (2006)

Alguns autores consideram a modelagem conceitual, sendo uma das fases mais importantes em um projeto de simulação, apesar da magnitude, é uma tarefa trivial que por consequência acaba recebendo menor atenção (ANGLANI *et al.*, 2002; MONTEVECHI *et al.*, 2010).

Além das técnicas apresentadas na Tabela 2.2, a literatura apresenta diversas outras técnicas de modelagem para desenvolver a modelagem conceitual em projetos de simulação (CHWIF, PAUL e BARRETTO, 2006). Alguns deles são: BPM (*Business Process Modeling*) (RYAN e HEAVEY, 2006) utilizado para fornecer o suporte necessário para um projeto de simulação; o controle de fluxo gráfico (COTA e SARGENT, 1990); IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) (MONTEVECHI *et al.*, 2010) e UML (*Unified Modeling Language*)

(ANGLANI *et al.*, 2002). Essas técnicas são responsáveis pela realização da modelagem conceitual do mundo real e uma representação simbólica simplificada desse sistema.

Assim, o termo “mapeamento de processos” deixou de ser bastante utilizado e foi substituído pelo termo “modelagem de processos”. A modelagem de processos apresenta técnicas cujo o objetivo é representar fielmente a realidade dos modelos que serão simulados. Assim, o uso de técnicas como fluxograma, IDEF, entre outros, correspondem a uma modelagem. Esse tipo de representação pode ser considerado uma modelagem através de mapeamento de processos (LEAL, 2008). Dessa forma, este trabalho utilizará o termo “modelagem conceitual” para nomear a atividade de construções dos modelos conceituais.

2.3.1A importância de documentar o processo de modelagem conceitual

Robinson (2015) acredita que o modelo conceitual não é sempre explicitamente expresso, porque esse modelo pode permanecer dentro da mente do analista. Assim, uma boa prática de documentar o modelo conceitual, é realizar uma comunicação eficaz entre todas as partes envolvidas no estudo do projeto de simulação. Essa comunicação deve ser eficiente entre o modelador, os desenvolvedores, os especialistas, analistas e, principalmente, entre os usuários finais e clientes, e todos aqueles que estão envolvidos no projeto. Isso ajuda a construir um consenso ou pelo menos um acordo entre todos os envolvidos.

O mesmo autor ainda destaca que um modelo conceitual documentado, permite:

- Minimizar a probabilidade de requisitos incompletos;
- Orientar o desenvolvimento do modelo de computador;
- Constituir a base para a verificação do modelo e guia de validação do modelo conceitual;
- Orientar na construção do modelo computacional;
- Guiar os experimentos e objetivos da modelagem;
- Atuar como uma ajuda para a verificação e validação independentes quando for necessária;
- Ajudar a determinar a adequação do modelo ou de suas peças para o modelo de reutilização e simulação.

Não há regras e padrões formulados para documentar modelos conceituais de simulação (ROBINSON, 2015). Porém existem várias abordagens, na literatura, que permitem auxiliar na documentação dos projetos:

- Diagrama de fluxo de processos (ROBINSON, 2014);

- Lista de pressupostos e simplificações (ROBINSON, 2014);
- Diagrama de fluxo lógico (ROBINSON, 2014);
- UML (*Unified Modeling Language*) (RICHTER e MARZ, 2000), entre outras.

Segundo Laguna e Markland (2005), para se modelar um processo são necessários:

- Identificar as atividades do processo;
- Estabelecer a ordem em que estas atividades ocorrem;
- Identificar os recursos necessários para a realização das atividades;
- Identificar as informações necessárias para a modelagem do processo.

Para salientar ainda mais a importância da modelagem conceitual e documentação, Sheppard (1983) define o tempo que o analista utiliza nos projetos de simulação, esse tempo pode ser dividido da seguinte forma:

- 40% gasto na definição do problema, planejamento do projeto, definição do sistema, formulação e criação do modelo conceitual, projeto experimental preliminar e preparação dos dados de entrada;
- 20% na conversão do modelo conceitual em modelo computacional;
- 40% na experimentação (com um modelo validado e verificado), projeto experimental final, análise da experimentação, interpretação, implementação e documentação.

2.3.2 Técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM

Os autores responsáveis pela criação da técnica de modelagem IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods - Simulation*) foram Leal (2008). Os criadores relatam que o intuito do IDEF-SIM é atender a fase de modelagem conceitual em projetos de simulação.

Essa técnica permite a elaboração de modelos conceituais para facilitar o entendimento do sistema e agilizar a próxima fase - implementação – que contém a construção do modelo computacional. Sua criação se baseou em uma metodologia simples que é composta de símbolos de fácil compreensão, retirados de técnicas já consagradas como o BPM (*Business Process Modelling*), IDEF0, IDEF3 e fluxograma, além da criação de outros símbolos que foram incorporados para atender aos requisitos da simulação. O IDEF-SIM permite documentar modelos conceituais, fornecendo a compreensão do projeto (LEAL *et al.*, 2009).

A principal característica do IDEF-SIM é a identidade da sua lógica de aplicação com a lógica utilizada em projetos de Simulação a Eventos Discretos. Esta característica tem como objetivo

criar um modelo conceitual do processo a ser simulado que contenha elementos requeridos na fase de modelagem computacional. Como mencionado, os elementos utilizados para compor a técnica IDEF-SIM foram selecionados das técnicas de modelagem já consagradas: IDEF0, IDEF3 e fluxograma. Embora as técnicas IDEF sejam aptas à modelagem de sistemas, quando utilizadas em projetos de simulação, elas deixam de registrar aspectos importantes, por não terem sido estruturadas para projetos de simulação. Desta forma, o IDEF-SIM utiliza de símbolos do IDEF0, IDEF3 e fluxograma, mas dentro de uma lógica que contemple a simulação (LEAL, ALMEIDA e MONTEVECHI, 2008). A técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM está apresentada na Figura 2.3.




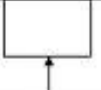
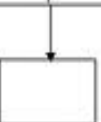





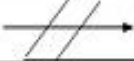


Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 &	Regra E
	 x	Regra OU
	 o	Regra E/OU
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Figura 2.3 - Simbologia do IDEF-SIM
 Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008).

Como apresentado pela Figura 2.3, a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM é composta por 13 símbolos. A seguir será definido cada símbolo, conforme a ordem de apresentação da Figura 2.3.

- Entidade: são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros. Esse símbolo tem origem da técnica de modelagem IDEF3;
- Funções: representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação, como postos de trabalho, esteiras de movimentação, filas e estoques, postos de atendimento. Esse símbolo origina-se da técnica de modelagem IDEF0;
- Fluxo da entidade: direcionamento da entidade dentro do modelo, caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções;
- Recursos: representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções, representando pessoas ou equipamentos;
- Controles: regras utilizadas nas funções, como sequenciamento, regras de filas, programações, entre outros;
- Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: estas regras são chamadas de junções, na técnica IDEF3. Dois ou mais caminhos, após uma função, podem ser executados juntos (junção E), ou de forma alternativa (junção OU), ou permitindo ambas as regras (junção E/OU);
- Movimentação: representa um deslocamento de entidade;
- Informação explicativa: utilizado para inserir no modelo uma explicação;
- Fluxo de entrada no sistema modelado: define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo;
- Ponto final do sistema: define o final de um caminho dentro do fluxo modelado;
- Conexão com outra figura: utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes.

2.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou o referencial teórico deste trabalho. Foram apresentados os principais conceitos envolvendo as duas áreas desta pesquisa, sendo elas: simulação computacional e modelagem conceitual, além de apresentar brevemente conceitos da área da Simulação Baseada em Agentes e a sua modelagem conceitual. A apresentação dos conceitos buscou facilitar o entendimento do problema apresentado que será desenvolvido ao longo desta dissertação.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo explana a classificação desta pesquisa, quanto à natureza, objetivos, abordagens e método de pesquisa. Além disso, é apresentado e definido o método de pesquisa utilizado nesta dissertação, a pesquisa-ação, bem como é apresentada também a definição de cada uma das etapas que compõem o método.

3.2 Classificação da pesquisa científica

Essa pesquisa classifica-se:

Quanto à **natureza**:

Aplicada, ou seja, por instância prática, que os resultados sejam aplicados ou usados mediante a solução dos problemas que ocorrem na realidade (APPOLINARIO, 2006). Esta pesquisa se faz aplicada por justamente realizar uma revisão da técnica IDEF-SIM, mediante aplicação e análise de projetos de simulação e questionários.

Quanto aos **objetivos**:

Normativa, este tipo de pesquisa está presente na criação de políticas, estratégias e ações, para apurar os resultados disponíveis na literatura, a fim de encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas ou para determinar várias estratégias referentes a um problema particular (BERTRAND e FRANSOO, 2002). Esta pesquisa também contém uma análise mais qualitativa do que quantitativa dos dados coletados, o que propiciou um planejamento melhor das fases da pesquisa-ação.

Quanto à **abordagem** do problema:

Qualitativa, de acordo com Bryman e Bell (2007), as características principais da pesquisa qualitativa são a ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos, delineamento do contexto do ambiente de trabalho, abordagem não muito estruturada, múltiplas fontes de evidências, proximidade com o fenômeno estudado. Para essa pesquisa foi aplicado um questionário contendo perguntas abertas possibilitando análises qualitativas dos dados.

Quanto ao **método** de pesquisa:

Pesquisa-ação, para Thiollent (2011) é um tipo de pesquisa social com base empírica que associa a ação e a resolução de um problema coletivo, pois os pesquisadores e participantes estão envolvidos na pesquisa de modo participativo ou cooperativo.

A Figura 3.1 apresenta o resumo da classificação desta dissertação.

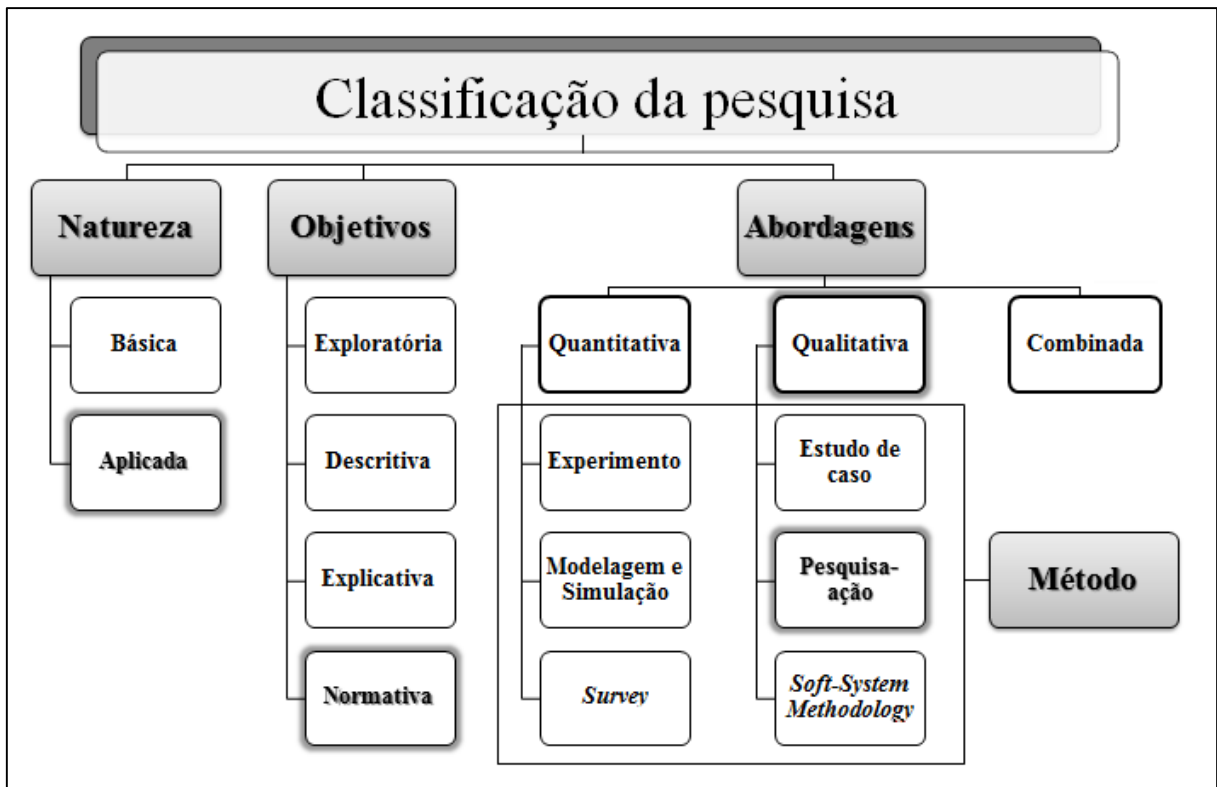


Figura 3.1 - Classificação da pesquisa
 Fonte: Adaptado de Miguel *et al.* (2010)

3.3 Definição e etapas do método pesquisa-ação

A pesquisa-ação produz conhecimento e ações, ou seja, é a modificação intencional de uma realidade. A ação implica em resultados que transformam a realidade em questão em uma dada direção (OQUIST, 1978). Assim, esse tipo de pesquisa é um tipo de pesquisa social com base empírica, isto é, sem caráter científico, e é gerado na estreita associação com uma ação ou solução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e participantes estão sempre envolvidos de modo cooperativo e ou participativo na pesquisa (THIOLLENT, 2007).

Martins *et al.* (2014), descrevem as principais características da pesquisa-ação:

- É uma pesquisa com ação, e não uma pesquisa sobre a ação;
- Tem participação dos envolvidos;
- A pesquisa é simultânea com a ação;

- Possui uma sequência de eventos e uma abordagem para a solução de problemas;
- Pretende solucionar um problema e contribuir para a ciência;
- Sempre cooperativa entre os envolvidos;
- Holística;
- Focada na mudança;
- Possui uma diversificação de técnicas;
- É diagnóstica.

A sequência de passos utilizada para se conduzir a pesquisa-ação desta dissertação é demonstrada na Figura 3.2. O método apresenta cinco etapas, nas quais que devem ser desenvolvidos e concluídas, formando assim um ciclo. As etapas são: planejar, coletar dados, analisar dados, planejar ações, implementar ações, avaliar resultados e gerar relatórios. A fase de monitoramento, conforme pode ser percebido na Figura 3.2, é considerada uma metáfase, isto é, que acompanha cada uma das fases no ciclo (COUGHLAN e COGHLAN, 2002).

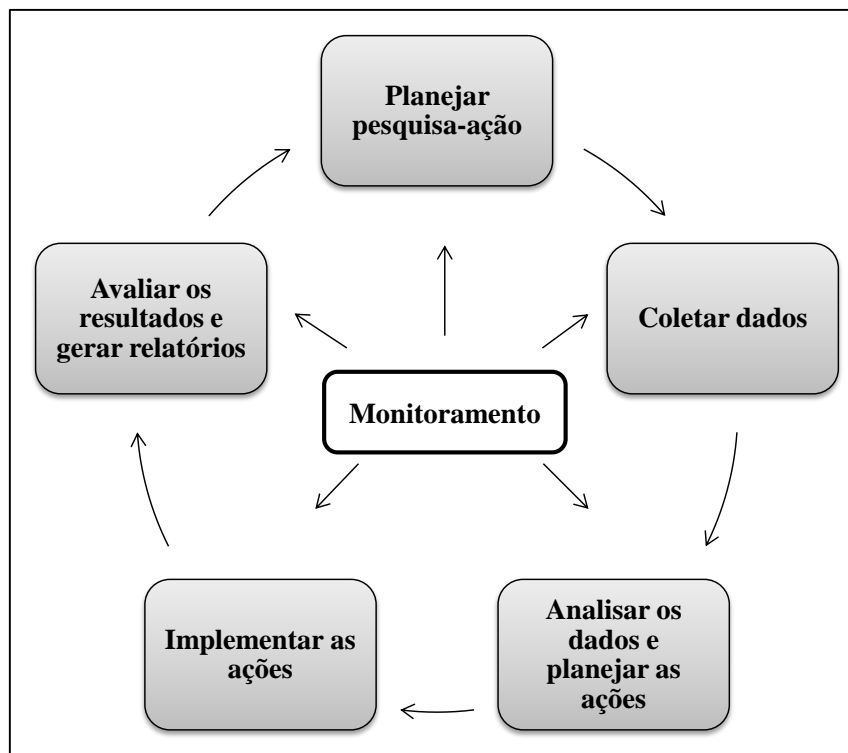


Figura 3.2 - Estrutura para condução da pesquisa-ação
Fonte: Coughlan e Coghlan (2002)

3.3.1 Planejar a pesquisa-ação

Primeiramente, deve-se identificar o campo de pesquisa e o primeiro levantamento da situação e suas eventuais ações. Após a verificação dos requisitos iniciais para a pesquisa, todos os participantes devem estabelecer metas, objetivos e o tema da pesquisa (THIOLLENT, 2007).

Para Thiollent (2007), esta etapa compreende identificar problemas que merecem soluções, visando alcançar um objetivo ou realizar uma possível transformação de uma situação observada. Dessa forma, a pesquisa deve seguir a seguinte forma:

- Análise e delimitação do tema;
- Delineamento da situação final, em função de critérios estabelecidos;
- Identificação de todos os problemas;
- Planejamento das ações correspondentes;
- Execução e avaliação das ações.

Outro detalhe importante para diagnosticar a situação é identificar o problema em: como, quando e onde ele ocorre, a frequência e consequências para o processo analisado (THIOLLENT, 2007).

3.3.2 Coleta de dados

Conforme Coughlan e Coughlan (2002), existem diversas formas para coletar os dados, assim é preciso obter o envolvimento ativo dos participantes com os pesquisadores. Os dados não são gerados apenas pela participação e observação das equipes de trabalhos, mas também por meio de intervenções. São formalmente realizadas, por meio de reuniões e entrevistas, podendo ser realizadas informalmente, durante uma conversa, por exemplo.

Para Thiollent (2007), as principais técnicas para coleta de dados utilizados são: entrevistas coletivas e entrevistas individuais, outra técnica bastante empregada é aplicações de questionários convencionais. Segundo Mello *et al.* (2012), existem dois tipos de dados para serem coletados: dados primários devem ser coletados através de estatística operacional, relatórios e informes financeiros, já os dados secundários são abstraídos através de observações, discussões e entrevistas.

3.3.3 Analisar os dados e planejar as ações

Para Coughlan e Coughlan (2002), o aspecto crítico da análise de dados na pesquisa-ação é que ela é colaborativa, sendo realizada pelo pesquisador junto com os participantes. Isso se deve ao fato de que os participantes conhecem a situação que se pretende pesquisar melhor que o pesquisador, sabem o que vai funcionar e serão os responsáveis pela implementação das ações. Segundo Mello *et al.* (2012), é sugerido que a análise dos dados relacionada ao problema de pesquisa, seja coordenada pelo pesquisador, pois o mesmo conhece melhor o método científico.

Coughlan e Coughlan (2002) afirmam que no planejamento de ações, é fundamental elaborar um documento de plano de ações e consideram algumas questões-chaves necessárias para serem respondidas:

- O que precisa mudar?
- Em que partes da organização?
- Que tipos de mudanças são necessárias?
- Qual apoio o projeto necessita?
- Como é o compromisso a ser formado?
- Qual é a resistência a ser gerenciada?

O resultado final desta etapa consiste na proposição de um plano de ações que irá ser implementado na próxima etapa do método.

3.3.4 Implementar plano de ações

A implementação do plano de ações deve acontecer de forma colaborativa com os membros da organização (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). Esta etapa consiste no efetivo desenvolvimento e implementação do plano de ações definido anteriormente no objeto em estudo.

3.3.5 Avaliar resultados e gerar relatórios

Durante a condução do projeto, pode acontecer vários ciclos. A avaliação é a análise dos resultados da ação do ciclo, é uma revisão do processo para que o próximo ciclo de planejamento e ação possa favorecer-se do ciclo completado. Assim, no final de cada ciclo é avaliado os resultados obtidos em comparação com os resultados iniciais. Essa comparação é importante para atingir os objetivos planejados, deliberando o problema formulado e aprimorando a base de informação existente sobre o tema estudado (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). No caso desta dissertação, apenas um ciclo foi rodado.

Mello *et al.* (2012), ressaltam alguns meios de avaliação de resultados da pesquisa-ação utilizados por alguns autores, tais como:

- Exposições para direção e grupos interessados na pesquisa (MIGUEL, 2010);
- Comparação entre projetos de pesquisa similares com e sem influência do pesquisador (CARVALHO, 2009);
- Checagens com os critérios (indicadores) definidos na fase de coleta de dados (MIGUEL, 2010; CARVALHO, 2009);

- Reuniões do pesquisador com envolvidos e interessados (MATTOS NETO, 2005; LEONEL, 2007; NORONHA, 2009; CARVALHO, 2009).

3.3.6 Monitoramento

A fase de monitoramento ocorre em todas as fases da pesquisa-ação, sendo assim nomeada como uma metáfase (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). É importante que o pesquisador ressalte em seus trabalhos como os vários ciclos da pesquisa foram identificados e tratados. Talvez o pesquisador encontre dificuldades em registrar esses desdobramentos, para suprir essa carência é sugerido realizar um relatório, resumido, de todos os ciclos (Mello *et al.* 2012).

3.4 Considerações finais

Este capítulo expôs a classificação desta pesquisa científica e o método que foi utilizado para a condução deste trabalho, apresentou também a estrutura e as etapas, que serão desenvolvidas ao longo do Capítulo 4.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta o desenvolvimento prático dessa pesquisa, utilizando o método, pesquisa-ação, como já apresentado no capítulo anterior.

4.2 Planejar a pesquisa-ação

A primeira etapa da pesquisa-ação consiste em conduzir o diagnóstico inicial da pesquisa, do objeto de estudo, a fim de obter um pré-entendimento dos fatos. Sendo assim, foi realizada uma revisão de literatura para contextualizar o tema de pesquisa. Por meio desta revisão, observou-se que a utilização da técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM está sendo cada vez mais utilizada. Notou-se também por meio de alguns autores, como por exemplo Nunes e Rangel (2009), que a técnica em certos momentos não atendia à algumas especificidades da simulação. Aliado ao fato de que a fase de concepção do projeto de simulação é considerada a etapa mais importante de um projeto de simulação, percebeu-se a necessidade de fazer um estudo teórico e prático para investigar a necessidade de revisão da técnica IDEF-SIM, com o intuito de melhorar a técnica para que a mesma atenda de forma eficaz as características da simulação e possa atender de maneira ampla as diversas aplicações.

Assim, os interessados desta pesquisa se concentram, principalmente, em analistas e investigadores em simulação que fazem uso da técnica IDEF-SIM. Dessa forma, os mesmos poderão opinar e sugerir melhorias que poderão ser agregadas à técnica.

Dentro deste contexto, inicialmente fez-se uma entrevista com os analistas de simulação do grupo de pesquisa NEAAD (Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio a Decisão), a fim de avaliar a performance do IDEF-SIM e verificar a necessidade da revisão. Em seguida, foram analisados alguns casos reais de simulação. Dessa forma, foram identificados alguns pontos que poderiam melhorar a performance da técnica e alguns símbolos foram propostos. Com isso, os modelos conceituais foram refeitos. Também, a proposta da revisão da técnica foi avaliada pelos analistas de simulação.

Cabe ressaltar que esta pesquisa teve somente um ciclo da pesquisa-ação.

4.3 Coleta dados e análise dos dados

Para coletar os dados foram conduzidas entrevistas não estruturadas com alunos e pesquisadores, membros do grupo de pesquisa NEAAD que utilizam o IDEF-SIM. Essas entrevistas não estruturadas foi basicamente conversas com os participantes, para saber quais projetos eles praticavam e se eles tinham algum relato, a priori, sobre a técnica IDEF-SIM.

Após essas conversas pode-se elaborar um questionario e selecionar o grupo para participar desta pesquisa. O grupo escolhido para responder o questionario foi o NEAAD, uma vez que muitos membros utilizam e conhecem a técnica IDEF-SIM e também trabalham com simulação. Assim, este grupo foi fundamental para esta pesquisa, pois os membros possuem entendimento sobre o assunto, facilitando as sugestões para a técnica investigada.

O grupo de pesquisa NEAAD existe desde 2007. São onze anos de atuação na área de simulação. Desde sua criação, passaram por esse grupo alunos de mestrado, doutorado e iniciação científica que executaram diversos projetos e trabalhos de simulação em diferentes áreas de atuação.

Devido a estes fatos e a importância deste grupo, julgou-se mais adequado aplicar o questionário em um grupo no qual os membros já estão familiarizados com a técnica IDEF-SIM. Os dados fornecidos pelos membros do grupo foram fieis a realidade do uso do IDEF-SIM. Dessa forma, a coleta de dados por meio de entrevistas com os membros do NEAAD, vem a agregar a vivência e o conhecimento práticos de cada membro que fez sua avaliação e sugestão com relação à melhoria e revisão da técnica.

Como mencionado, foram conduzidas entrevistas com os membros do NEAAD para a coleta dos dados. Durante a condução das entrevistas, percebeu-se que os pesquisadores se incomodavam, principalmente, com os excessos de informações que alguns modelos conceituais apresentavam. Isso acabava dificultando a compreensão desses modelos e levando mais tempo para as análises. Os entrevistados também ressaltaram que o IDEF-SIM não atendem, a priori, a elaboração de modelos de SBA e que em alguns casos eles utilizam o IDEF-SIM combinado com outras técnicas de modelagem para a representação do modelo dessa área. Além das entrevistas conduzidas com os membros do NEAAD, também foi elaborado um questionário, no qual conteve quinze questões, sendo cinco de múltipla escolha e nove questões abertas. Esse questionário tem uma abordagem qualitativa por possuir questões abertas sobre opiniões e questionamentos da técnica IDEF-SIM. Como forma de avaliar se o questionário estava adequado a sua intenção, foi conduzido um teste piloto com alguns membros do

NEAAD, para identificar se os mesmos entenderam a real intenção do questionário e se este estava adequado ao que se propunha. O mesmo obteve uma boa aceitação por parte dos respondentes. Assim, o questionário pode ser enviado para os participantes e parceiros do grupo de pesquisa.

Deste modo, o questionário foi enviado para um total de trinta especialistas, entre os meses de Março e Abril de 2015, sendo que vinte entrevistados responderam ao questionário, o que representa aproximadamente 67% de participação dos membros do grupo de pesquisa NEAAD. Considerando este contexto, será apresentada, de forma simplificada, as respostas do questionário aplicado aos pesquisadores.

A primeira pergunta do questionário indagou aos respondentes se os mesmos utilizam o IDEF-SIM para conduzir projetos de simulação. De acordo com a Figura 4.1, 59% dos entrevistados sempre utilizam o IDEF-SIM, como a técnica de modelagem conceitual em seus projetos de simulação, enquanto 35% utilizam às vezes a técnica e apenas 6% nunca utilizaram.

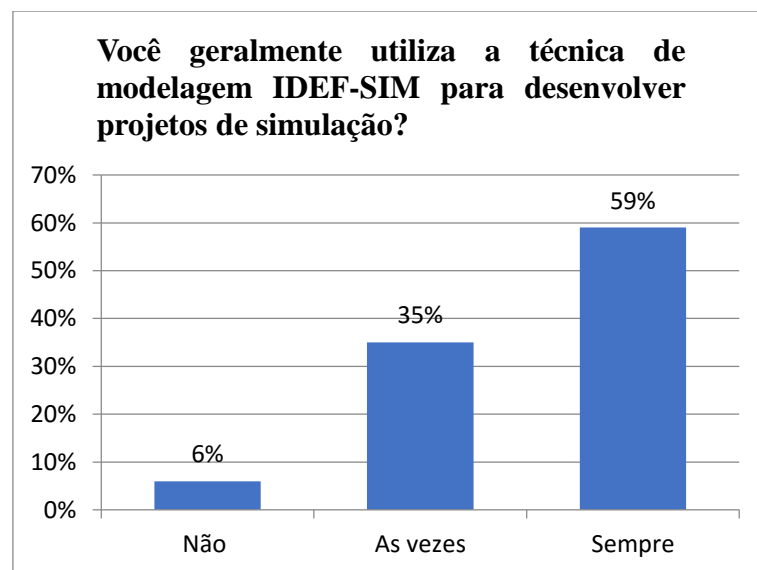


Figura 4.1 - Primeira pergunta sobre a técnica IDEF-SIM

A segunda pergunta estava relacionada ao uso de outras técnicas de modelagem para a elaboração do modelo conceitual, conforme apresentado na Figura 4.2. Observa-se pelos resultados que 38% dos respondentes utilizam também o fluxograma como técnica de modelagem conceitual. Dessa forma, 25% dos respondentes utilizam o mapa fluxograma, 18% faz uso do SIPOC, 9% utilizam UML e 3% e 7% utilizam as técnicas de modelagem conceitual IDEF1 e IDEF3, respectivamente.

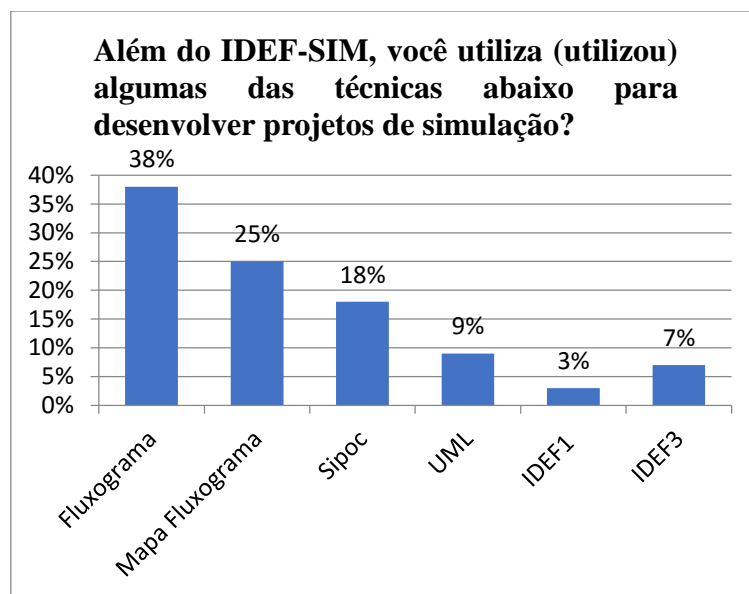


Figura 4.2 - Segunda pergunta sobre a técnica IDEF-SIM

Na terceira questão, os entrevistados foram questionados sobre as dificuldades relacionadas ao uso do IDEF-SIM. Os resultados da Figura 4.3 mostram que a maioria dos entrevistados, representados por 88%, não encontraram nenhuma dificuldade no uso da técnica de modelagem IDEF-SIM. Como essa questão foi fechada, os entrevistados não puderam responder quais dificuldades eles encontraram na utilização do IDEF-SIM, no entanto estes puderam responder as dificuldades encontradas nas questões abertas.

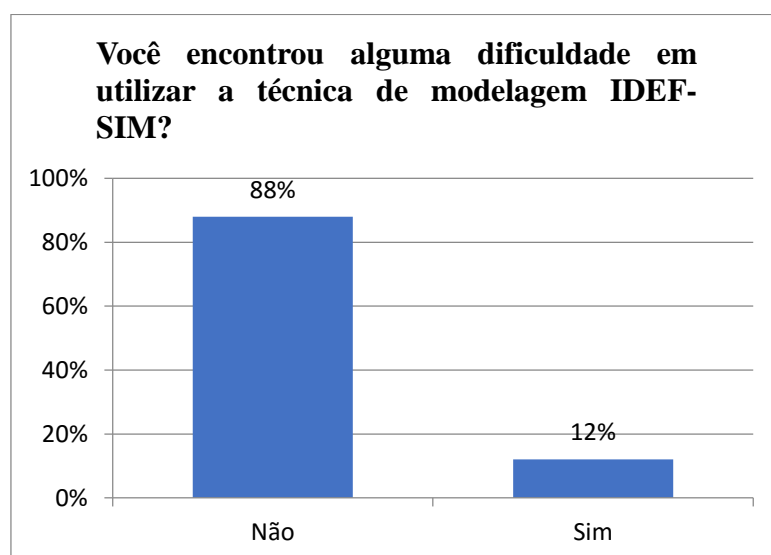


Figura 4.3 -Terceira pergunta sobre a técnica IDEF-SIM

A quarta questão analisou se o IDEF-SIM é uma técnica intuitiva ou não. Os resultados apresentados na Figura 4.4 apontaram que 59% dos entrevistados acreditam que a técnica IDEF-

SIM é intuitiva, enquanto 35% responderam que a técnica é intuitiva apenas algumas vezes e 6% não acharam a técnica intuitiva.

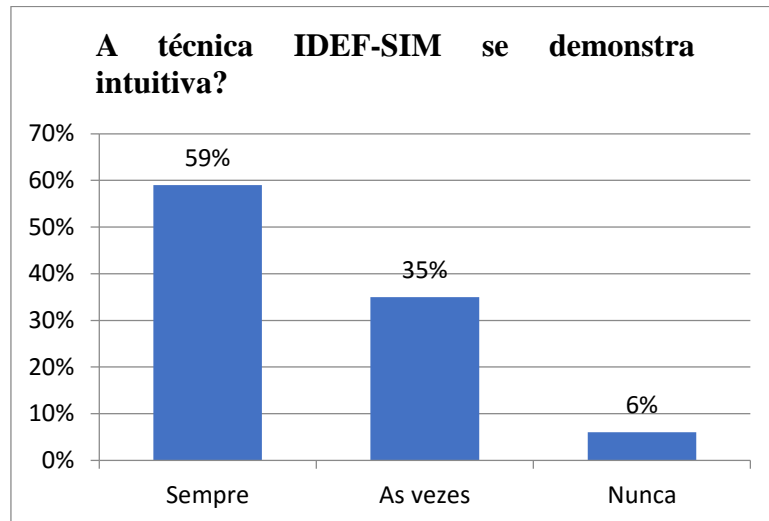


Figura 4.4 - Quarta pergunta sobre a técnica IDEF-SIM

A quinta questão analisou se a técnica IDEF-SIM atende aos requisitos de projetos de SBA. Como resultado mostrado na Figura 4.5, 59% dos entrevistados acreditam que a técnica IDEF-SIM atende algumas vezes os projetos de SBA, enquanto 22% dos entrevistados responderam que o IDEF-SIM nunca atendeu e 19% não souberam responder à pergunta. Isso pode ser devido ao fato de que o IDEF-SIM foi criado com foco na SED e vem sendo utilizado em outros campos da simulação. Os participantes que não souberam responder à pergunta afirmaram que não trabalham com SBA. Dessa forma, eles não conseguiriam responder perguntas do questionário relacionadas a SBA, devido à falta de conhecimento sobre a área.

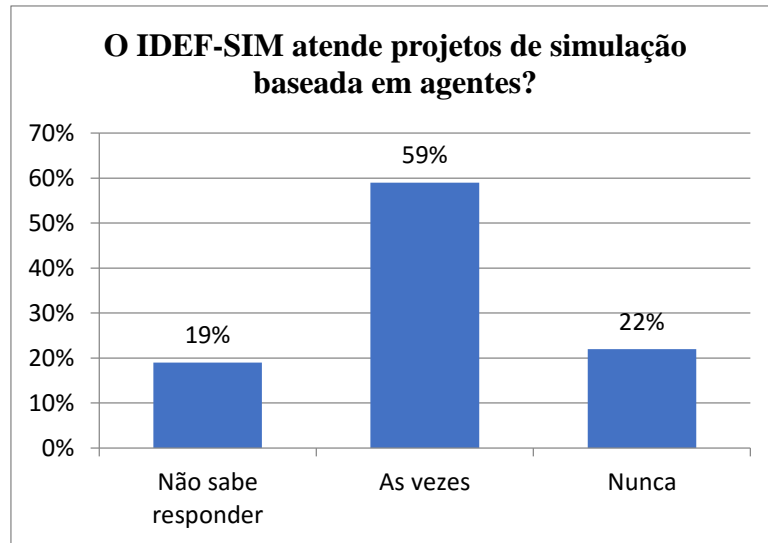


Figura 4.5 - Quinta pergunta sobre a técnica IDEF-SIM

Os resultados apresentados anteriormente são equivalentes as perguntas de múltipla escolha, uma vez que é inviável a descrição de todas as respostas abertas. O questionário completo encontra-se disponível no Apêndice A desta dissertação, apresentado as questões abertas e fechadas. Assim, partindo da análise das respostas apresentadas pelos respondentes, alguns pontos foram observados a partir do questionário:

- De fato, os entrevistados utilizam a técnica IDEF-SIM combinada com outras técnicas de modelagem, para desenvolver o modelo conceitual;
- O IDEF-SIM pode ser considerado uma técnica clara e intuitiva;
- Pode-se dizer que o IDEF-SIM atende melhor a projetos de SED, do que a projetos de SBA.

Outros pontos puderam ser constatados a partir das respostas abertas fornecidas pelos respondentes, por meio do questionário, a saber:

- Ao construir o modelo conceitual, a técnica IDEF-SIM permite reunir um grande número de informações como tempo, regras de movimentação, fluxo das entidades etc.;
- O IDEF-SIM permite identificar pontos de coleta de dados;
- O IDEF-SIM se mostra uma ferramenta de auxílio para verificação e validação da lógica do modelo;
- Alguns modelos conceituais possuem um grande volume de informações, fazendo com o que o modelo fique muito carregado de informações;
- A técnica não fornece uma simbologia adequada para tarefas que se desmembram em subtarefas;

- O IDEF-SIM não possibilita a função de regra para fluxos que são paralelos e/ou síncronos;
- Quando o IDEF-SIM é utilizado em projetos de SBA, geralmente, se utiliza outras técnicas de modelagem conceitual em conjunto para representar o sistema. Alguns entrevistados relataram que uma técnica bastante utilizada para modelar SBA e representar o comportamento do agente no sistema é o UML (*Unified Modeling Language*) combinada com o protocolo ODD. Assim, o uso combinado do IDEF-SIM à estas técnicas é uma forma de suprir a carências de técnicas de modelagem conceitual para projetos de SBA.

Após o levantamento desses pontos, pode-se passar para a fase do planejamento do plano de ações desta dissertação. Assim, pode-se discutir quais necessidades realmente eram relevantes a técnica IDEF-SIM, e com isso pode-se realizar e propor melhorias, uma vez que a técnica se mostrou bem intuitiva e que representa bem os modelos conceituais.

4.3.1 Planejamento das ações

Esta etapa consistiu em conduzir o planejamento das ações que foram implementadas no trabalho. Com base em toda a abordagem que vem sendo feita nessa dissertação, foi então proposto o plano de ações:

1. Identificar quais os problemas/*gaps* da técnica IDEF-SIM, por meio de questionários e entrevistas com especialistas em simulação e caso reais de simulação;
2. Desenvolver, se necessário, novos símbolos que atendam efetivamente às necessidades da simulação;
3. Apresentar e descrever essa nova simbologia;
4. Aplicar a técnica IDEF-SIM revisada em modelos conceituais reais de simulação, a fim de avaliar sua aplicabilidade.

4.3.2 Implementação do plano de ações

Partindo do plano de ação acima proposto, pode-se passar para a fase de implementação das ações. A primeira ação foi desdobrada no item anterior, em que se identificou os principais problemas da técnica IDEF-SIM, que consistiu, principalmente em: excesso de informações que alguns modelos conceituais trazem; falta de uma simbologia que represente subtarefas; falta de uma simbologia para regra de fluxos paralelos e/ou síncronos e carência de símbolos ovoltados para a área de SBA.

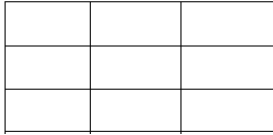

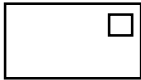
Com isso, pode-se seguir para a segunda ação, na qual consistiu em elaborar os novos símbolos para o IDEF-SIM. De acordo com os pontos levantados pelos grupos de estudo foram propostas algumas alterações para a técnica IDEF-SIM, que serão apresentadas posteriormente.

A terceira ação foi a discussão com os criadores do IDEF -SIM e outros especialistas em simulação sobre o que foi levantado nas ações anteriores. Com isso, percebeu-se a necessidade de incluir novos símbolos, para que a técnica pudesse atender aos requisitos identificados anteriormente. Assim, um total de quinze novos símbolos foram inicialmente propostos.

No entanto, novas discussões foram conduzidas com os criadores da técnica. Dessa forma, foi verificado que alguns símbolos eram redundantes ou não eram realmente necessários. Isso levou à revisão final, que inclui um total de quatro símbolos à técnica IDEF-SIM. Assim, após essas discussões, se prezou em manter sempre a simplicidade e clareza da técnica.

Sendo assim, foram propostos três símbolos que vem contribuir para os problemas de excesso de informações no modelo, na representação das subtarefas e na regra para fluxos paralelos e/ou síncronos. A simbologia proposta pode ser observada na Tabela 4.1 Esses problemas, foram os motivos pelos quais os analistas utilizam outras técnicas de modelagem em conjunto com o IDEF-SIM, pois com a utilização de símbolos de outras técnicas era possível se ter um modelo conceitual mais claro e que atendia ao objetivo que se propunha. Esse ponto foi relatado pelos entrevistados.

Tabela 4.1 - Elementos propostos para a técnica de modelagem IDEF-SIM

Elemento	Símbolo	Técnica de Origem
Tabela de informação		Criação própria
Regras para fluxos paralelos e, e/ou síncronas	 Rule AND	IDEF3
Função com multitarefa		Criação própria

Partindo da apresentação da simbologia proposta na Tabela 4.1, cada um dos três novos símbolos será explicado a seguir.


- **Tabela de Informações:** esse símbolo pretende mostrar os dados relevantes do sistema que será simulado de forma discreta. O símbolo foi proposto com o intuito de facilitar a demonstração de certos dados que antes ficavam alocados no próprio modelo,

causando uma grande poluição, e gastando mais tempo para compreender o sistema. Dessa forma, agora é possível organizar as informações de maneira estruturada e limpa. Esse símbolo foi proposto de acordo com as respostas do questionário aplicado aos membros do NEAAD.

- **Função com multitarefa:** a proposta desse símbolo partiu da necessidade de representar locais que contêm várias atividades. As atividades e os respectivos detalhes serão fornecidos na tabela de informações. Esse símbolo surgiu a partir das necessidades apontadas pelos analistas, em representar um local que contém várias atividades diferentes.
- **Regras para fluxos paralelos síncronas:** esse símbolo foi previamente proposto por Nunes e Rangel (2009), que, depois de aplicarem o IDEF-SIM em um caso real, concluíram que a técnica não atende atividades de junção síncronas que podem ser representados por junção conjuntivo (regra E), onde as atividades são processadas ao mesmo momento. Esse símbolo tem origem na técnica IDEF3. Essas junções em relação ao nível de programação, não interfere em nada, os próprios softwares já reconhecem esse tipo de atividade de forma dinâmica e lógica (“*if-else*”). Porém, vale ressaltar, a importância que o modelo conceitual tem na representação fiel da realidade. Por esse motivo o símbolo para fluxos paralelos síncronas foi proposto.

Para tentar resolver o último questionamento apontado pelos analistas, com relação a carência de técnicas de modelagem conceitual para projetos de SBA, foi proposto o símbolo do agente, apresentado na Tabela 4.2. Este símbolo tem origem da técnica UML, que especifica para a área de SBA. O símbolo de agente foi acrescentado na técnica IDEF-SIM para indicar a presença da SBA nos modelos de SED.

Tabela 4.2– Elemento proposto para a técnica de modelagem IDEF-SIM (Parte 2)

Elemento	Símbolo	Técnica de Origem
Agente		UML – Caso de Uso

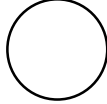


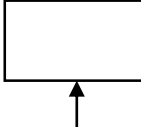
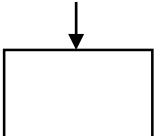




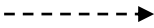
- **Agente:** o agente pode ser uma própria entidade, um recurso ou controle em uma função/local. De acordo com Sakurada e Miyake (2009), um agente é um objeto que tem um comportamento e um estado no sistema. Este estado pode ser devido ao tempo no sistema ou a uma situação que envolva o agente. O estado permite que o modelador

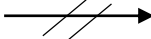


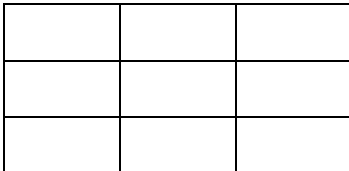

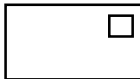

possa atribuir uma semântica abstrata para o agente, como uma ação, evento ou expressão.

Assim, a indicação desse símbolo será por fluxo de controle ou recurso, pois subentende-se que o agente é uma ação no sistema. Para SBA não foi necessário criar um novo IDEF-SIM ou novos símbolos, uma vez que a literatura apresenta o protocolo ODD com suas respectivas fases. Então, o propósito do símbolo de agentes é para indicar no modelo discreto, onde existe uma configuração de agentes e, posteriormente, como recomenda a literatura, na fase conceitual da SBA deve seguir o protocolo ODD e suas fases correspondentes.

A quarta ação consistiu em apresentar a nova simbologia proposta para o IDEF-SIM, assim a Tabela 4.3 apresenta a técnica revisada. As descrições dos novos símbolos já foram descritas anteriormente.

Tabela 4.3 - Simbologia IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3
Funções		IDEF0
Fluxo de entidade		IDEF0 e IDEF3
Recurso		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras de fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E	IDEF3
	 Regra Ou	
	 Regra E/OU	
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3

Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		
Tabela de informações		
Regras para fluxos paralelos e sincronas		IDEF3
Função com multitarefas		
Agente		UML – Caso de uso

Por fim, a última ação consistiu em aplicar a técnica IDEF-SIM revisada e avaliar sua aplicabilidade. Para isso, foram selecionados quatro projetos de simulação já concluídos e foram refeitos os modelos conceituais utilizando a nova simbologia. Os modelos foram construídos por membros do Grupo do NEAAD. Dessa forma, após a construção dos novos modelos, os especialistas puderam ressaltar as vantagens da técnica revisada.

- **1ª Aplicação**

Após a proposição dos símbolos, foram realizadas aplicações desses novos símbolos para certificar se os mesmos atendem as especificidades de projetos de simulação. A primeira aplicação dos símbolos, descreveu o modelo conceitual IDEF-SIM de uma fábrica de costura que contém vários processos de multitarefas e informações de tempo de cada processo. Observa-se que o modelo original possui várias informações e dificulta o entendimento, pois em uma mesma função possui muitas atividades e isso confundiu com o nome do posto de trabalho, que está fora do modelo, registrado como uma informação. Esse modelo de IDEF-SIM, apresentado na Figura 4.6, foi desenvolvido por um dos integrantes do grupo NEAAD, no qual já foi verificado e validado.

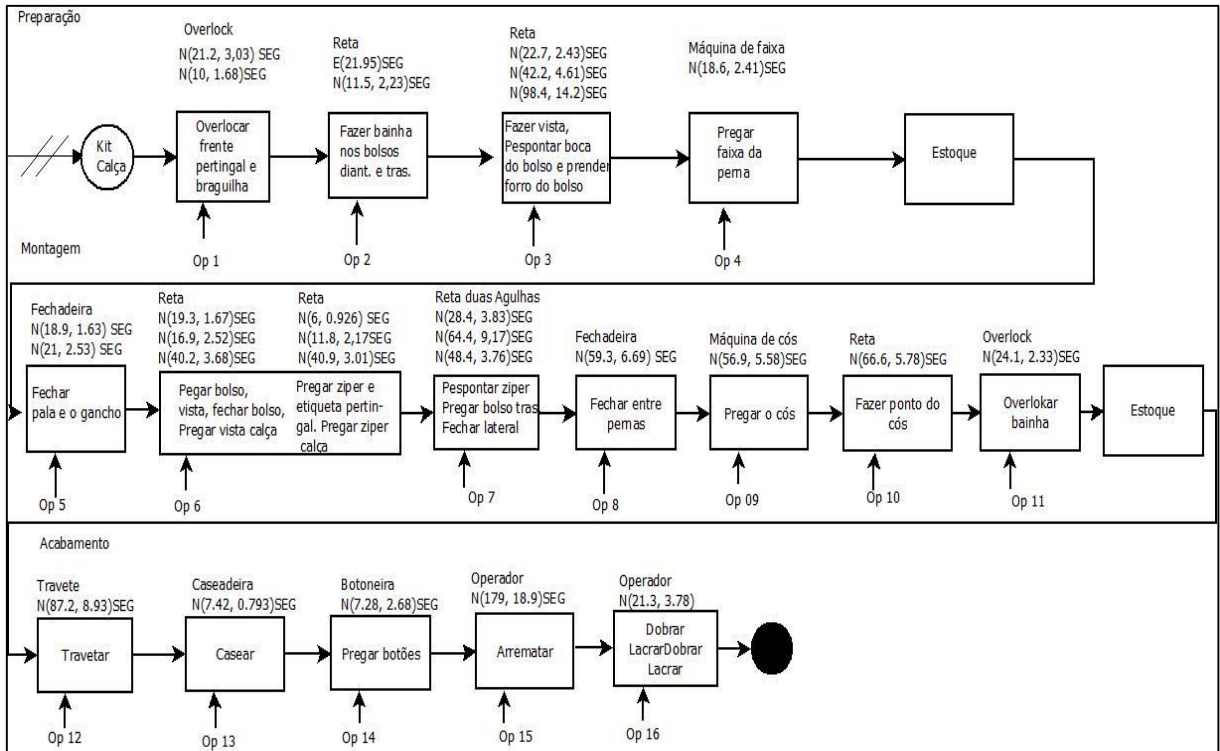


Figura 4.6 – Modelo conceitual IDEF-SIM de uma fábrica de costura

Para o modelo conceitual IDEF-SIM da fábrica de costura, nas Figuras 4.7 (Parte 1), 4.8 (Parte 2) e 4.9 (Parte 3), apresentam-se as seguintes melhorias: o modelo utiliza a tabela e informação de controle para organizar e entender os processos.

Relatam também processos com multitarefas que contém a quantidade de tarefas que cada processo tem, no exemplo, a Tabela 4.4 de informações apresenta quatro colunas: a primeira demonstra a quantidade de tarefas que aquele processo tem. Já na segunda indica o nome do posto de trabalho, na terceira as atividades que esse posto de trabalho tem, e por fim, a quarta, o tempo que cada atividade possui. O modelo também utilizou o símbolo de conexão com outra figura, embora seja um elemento já existente no IDEF-SIM, o mesmo permitiu indicar qual caminho o fluxo segue sem setas extensas.

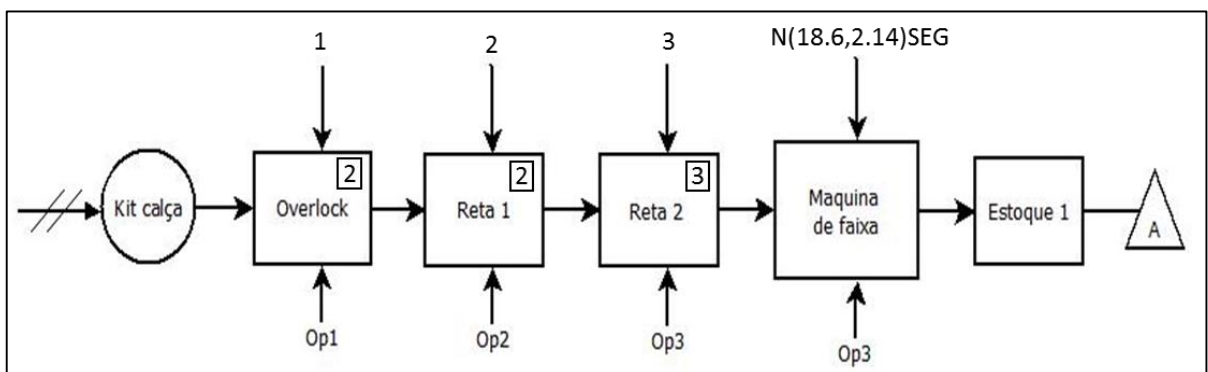


Figura 4.7 - Figura 4.7 – Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 1)

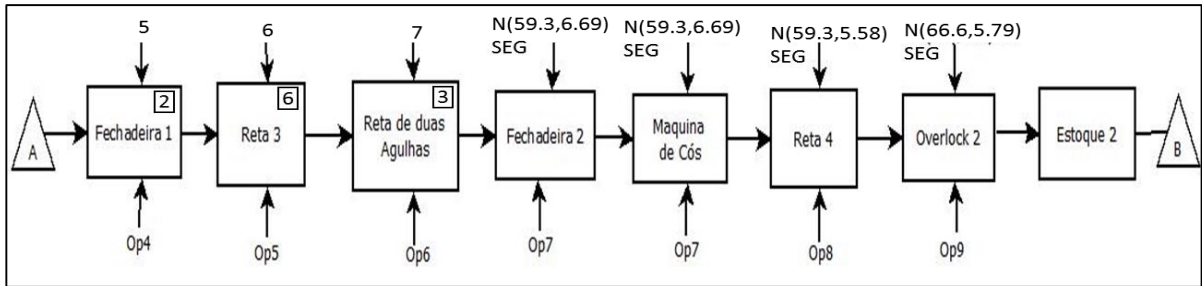


Figura 4.8 - Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 2)

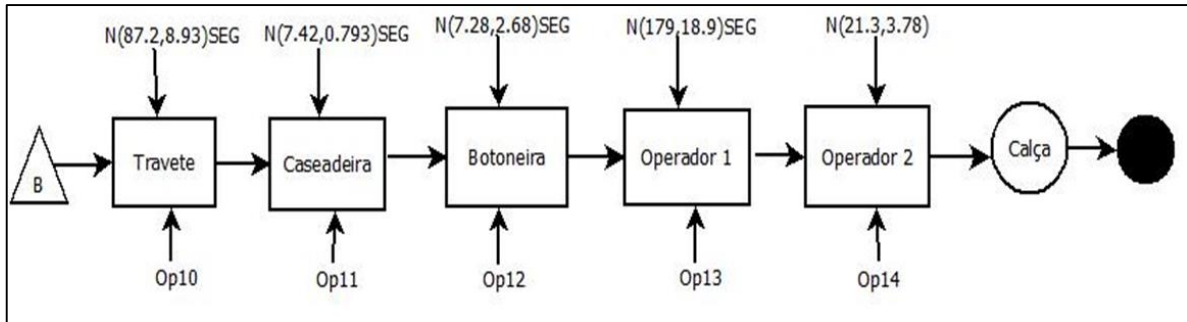


Figura 4.9 - Fábrica de costura com a simbologia proposta (parte 3)

#	Local	Atividade	Controle
1	Overlock	Overlocar 1	N(21.2, 3.03) seg
		Overlocar 2	N(10, 1.68) seg
2	Reta 1	Fazer bolso dianteiro	E(21.95) seg
		Fazer bolso traseiro	N(11.5, 2.23) seg
3	Reta 2	Fazer vista	N(22.7, 2.43) seg
		Pespontar boca do bolso	N(42.2, 4.64) seg
		Prender forro no bolso	N(98.4, 14.2) seg
4	Fechadeira	Fechar pala	N(18.9, 1.63) seg
		Fechar gancho	N(21, 2.53) seg
5	Reta 3	Pegar bolso e vista	N(19.3, 1.67) seg
		Pegar vista	N(16.9, 2.52) seg
		Fechar bolso	N(40.2, 3.68) seg
		Pregar vista da calça	N(6, 0.926) seg
		Pregar zíper e etiqueta	N(11.8, 2.17) seg
		Pregar zíper da calça	N(40.9, 3.01) seg
6	Reta de duas agulhas	Pespontar zíper	N(28.4, 3.83) seg
		Pregar bolso traseiro	N(64.4, 9.17) seg
		Fechar lateral	N(48.4, 3.76) seg

Tabela 4.4 – Tabela de informações da fábrica de costura

- 2ª Aplicação

A segunda aplicação foi em uma linha de montagem de transformadores de alta tensão que mais tarde foi modelada por meio da SED. O modelo conceitual IDEF-SIM é mostrado na Figura 4.10. Somente a nova versão do modelo é apresentada uma vez que a única diferença a partir do modelo original é o uso de regras conjuntivas síncronas. A vantagem citada pelo especialista, nesse caso, era a possibilidade de representar a necessidade de duas entidades diferentes (óleo sintético e coluna seca) ter de entrar e sair do local (de enchimento), ao mesmo tempo, o que não era possível no modelo original. O especialista acredita que esta é uma melhoria, uma vez que é algo que terá impacto na validação do modelo conceitual, aplicando a verdadeira condição (realidade) no modelo.

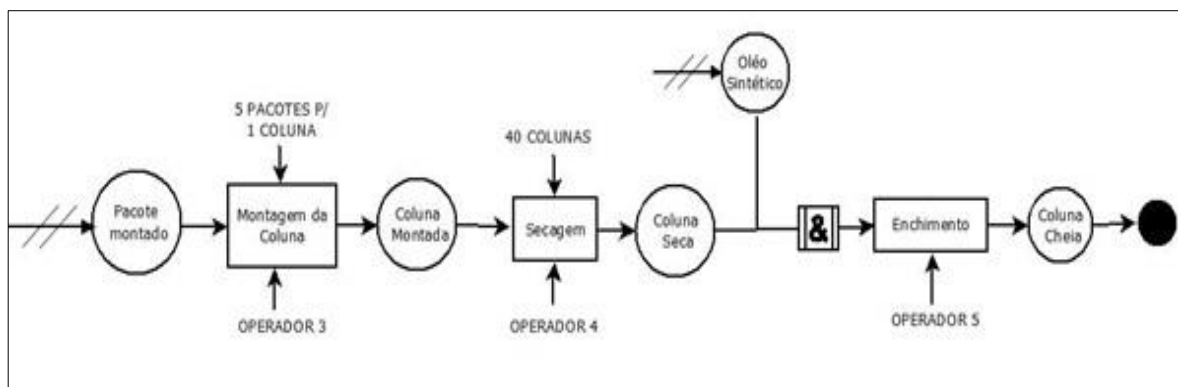


Figura 4.10 - IDEF-SIM da montagem de uma coluna para transformadores utilizando a regra de fluxo paralelos

• 3ª Aplicação

O próximo exemplo aborda um modelo híbrido (SED e SBA), referente ao posto de atendimento de uma unidade hospitalar. A Figura 4.11 indica que o paciente chega a unidade e pode ser atendido por um dos três postos de atendimento: atendimento 1, atendimento 2 e atendimento 3, respectivamente. Esse paciente tem na regra de controle um agente que possui um comportamento no sistema. Para descrever esse comportamento é recomendável aplicar o protocolo ODD, conforme orienta a literatura. Este símbolo foi discutido várias vezes com os especialistas e criadores do IDEF-SIM. A ideia inicial era ter uma junção de símbolos do UML para permitir criar modelos conceituais de SBA. Mas quando este caso foi estudado, percebeu-se a existência do protocolo ODD que é completo e possui todas as etapas de um projeto de SBA incluindo o UML. Assim, jogou-se melhor que o agente possa fazer a representação em modelos híbridos, indicando no modelo conceitual o próprio agente e em seguida utilizar o protocolo ODD para modelar aquele agente.

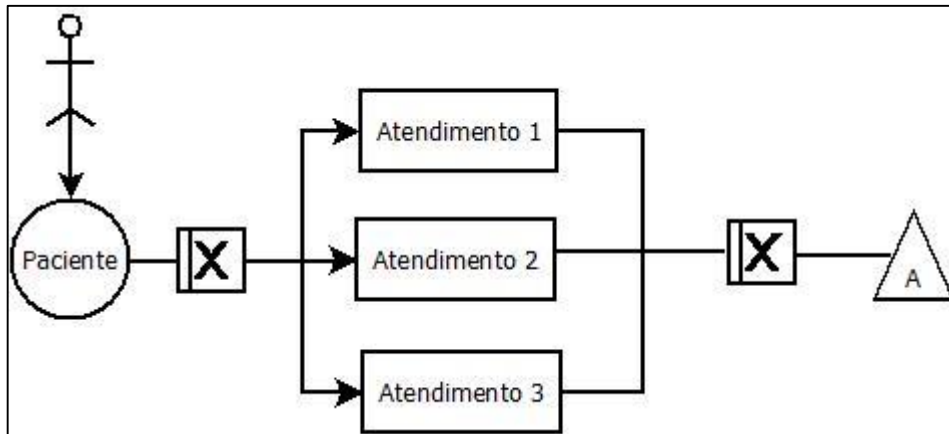


Figura 4.11 - IDEF-SIM de um posto de atendimento de uma unidade hospitalar

- **4ª Aplicação**

A última aplicação da técnica IDEF-SIM revisada foi um exemplo retirado de uma indústria de palmito de pupunha, apresentado na Figura 4.12. O operador que trabalha no posto de trabalho, Máquina 1, é um recurso que possui um comportamento no sistema. Para representar esse comportamento, o protocolo ODD deve ser utilizado. Esse trabalho não aplicou o protocolo ODD, uma vez que seu principal foco é a revisão do IDEF-SIM e não em aplicações em SBA.

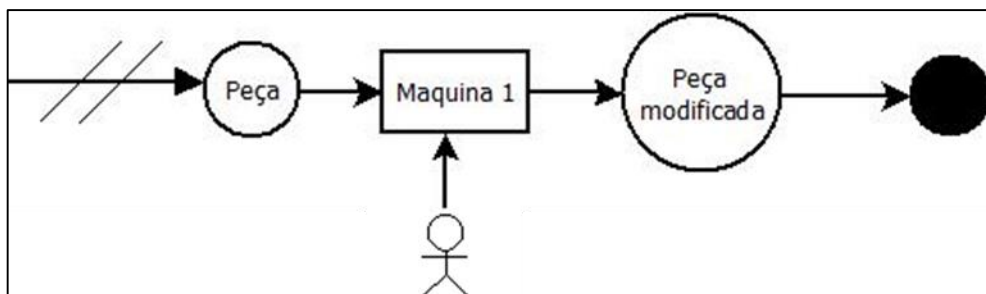


Figura 4.12 - IDEF-SIM indicando um agente como recurso de uma máquina

4.5 Metapasso: Monitoramento

A fase de monitoramento foi empregada em todo o ciclo da pesquisa-ação dessa pesquisa, a cada etapa, para garantir o controle e alcançar os resultados esperados, que serão apresentados no próximo capítulo. Na primeira etapa da pesquisa-ação, o monitoramento permitiu controlar e filtrar as informações coletadas. Já na fase de implementação propiciou a escolha dos modelos conceituais que seriam replicados esta pesquisa.

4.6 Considerações finais

Este capítulo mostrou a aplicação do método da pesquisa-ação, decorrendo por cada uma das suas etapas, evidenciando sua descrição e delineando o processo de desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 5 será apresentada a última fase da pesquisa-ação, que é a avaliação dos resultados, será exibida a validade da pesquisa-ação. E, por fim, serão explanados os demais resultados e contribuições desta dissertação, e também importância e criação de um aplicativo computacional contendo a técnica IDEF-SIM e a criação da nova biblioteca do *software* DIA.

5. RESULTADOS

5.1 Considerações iniciais

Neste capítulo serão demonstrados os resultados dessa pesquisa. Esse trabalho iniciou-se com a revisão da técnica IDEF-SIM, e propôs símbolos que atendessem uma gama maior de processos, para projetos de simulação. Assim após alguns estudos constatou-se a necessidade de criar um aplicativo computacional que pudesse, de fato, atender as necessidades dos analistas e desenvolvedores.

5.2 Avaliação da técnica IDEF-SIM revisada

Neste trabalho, discutiu-se acerca da relevância e utilidade da técnica IDEF-SIM para projetos de simulação. E como parte de um campo que está em evolução, em que os novos métodos têm sido amplamente utilizados, destacam a importância de rever a técnica, que foi, inicialmente, desenvolvida para modelos de Simulação a Eventos Discretos.

Ao discutir e analisar modelos de simulação desenvolvidos por especialistas de um grupo de pesquisa e de parceiros em empresas chegou-se a proposta de inclusão de novos símbolos na técnica. Após discussões com os criadores da técnica IDEF-SIM e outros modeladores de simulação, concluiu-se que alguns símbolos não seriam necessários e/ou seria redundante. Assim, para manter a simplicidade e utilidade da técnica, foram acordados em 4 símbolos no total.

Por meio das aplicações realizadas em casos reais de simulação conduzidos pelos membros do grupo de pesquisa NEAAD, percebeu-se que a revisão da técnica IDEF-SIM atendeu aos principais problemas apontados pelos analistas. Sendo que estes ficaram satisfeitos com os resultados demonstrados por meio da inclusão dos novos símbolos na técnica. Os analistas ainda ressaltaram que manter a simplicidade da técnica é um ponto muito importante, pois isso facilita o uso da técnica, dessa forma, a inclusão desses novos símbolos não prejudicou essa simplicidade, mas sim corroborou no sentido de possibilitar que a técnica possa ser utilizada de forma mais abrangente em diferentes tipos de aplicações.

A partir das discussões finais realizadas com os criadores da técnica, os mesmos chegaram a conclusão de que a revisão da técnica trouxe benefícios para a mesma. Os símbolos propostos são aplicáveis e significativos, trazendo as seguintes vantagens e aplicabilidades da técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM revisada:

- Organização nos modelos conceituais;
- Facilidade e entendimento dos modelos;
- Despoluição dos modelos;
- Centralização de informações;
- O símbolo dos agentes para SBA se tornou um importante indicador para o modelo e facilitou o entendimento e a futura programação na modelagem computacional.

Nota-se por meio dos resultados qualitativos, que a revisão da técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM, teve uma boa aceitação tanto por parte dos membros do NEAAD, que fazem uso da técnica, como pelos criadores. Acredita-se que a inclusão dos novos símbolos poderá abranger diversos tipos de aplicações de simulação de forma clara e eficaz, sendo de fácil e intuitiva aplicação.

5.2.1 Aplicativo IDEF-SIM e sua avaliação

Durante o desenvolvimento desta dissertação, notou-se a necessidade de se desenvolver um aplicativo computacional que pudesse ser utilizado em diversas situações por analistas de simulação, para que estes pudessem construir seus modelos ao vivo no ambiente em que estes se encontrassem, coletando as informações para a simulação do sistema em estudo.

Ter a possibilidade de uma ferramenta disponível para analistas de simulação e de forma gratuita foram as motivações para o desenvolvimento do aplicativo computacional que contém a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM.

Dessa forma, o aplicativo computacional foi desenvolvido para atender a essa necessidade de analistas de simulação. Para desenvolver o aplicativo computacional foi utilizado o método RUP (*Rational Unified Process*), que visa auxiliar o desenvolvimento de um *software*. Este método é composto por conceitos, práticas e regras claras e básicas, conforme apresentado na Figura 5.1.

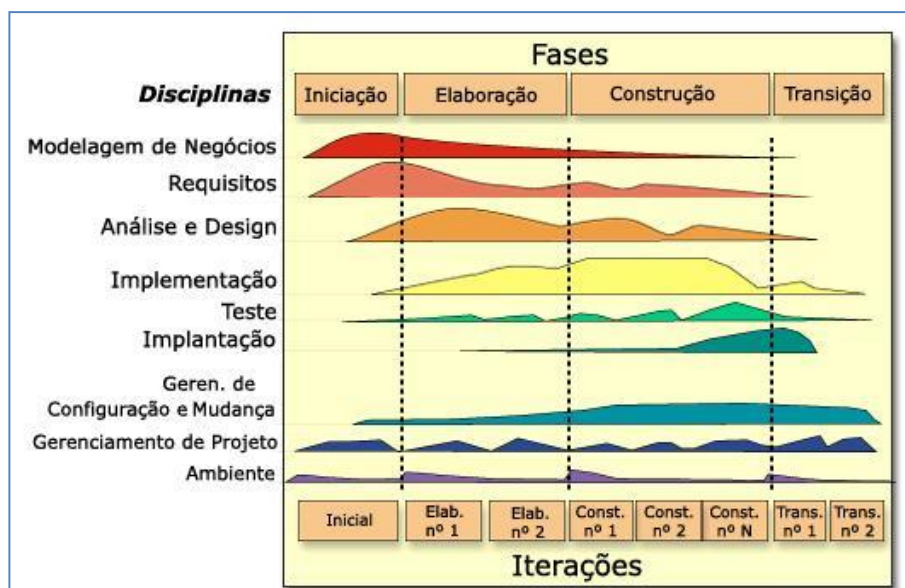


Figura 5.1 - Fases da metodologia RUP
 Fonte: SOMMERVILE (2007)

Para o desenvolvimento desse aplicativo, foi analisada uma unidade hospitalar, onde a pesquisadora pode acompanhar com detalhes como os analistas retêm as informações e como é feito o modelo conceitual. Ficaram perceptíveis como as informações eram passadas de forma rápida, o que exigiria que o aplicativo fosse fácil e rápido. Foi analisado também o trabalho de um analista de simulação, em uma empresa de manufatura da cidade de Itajubá, onde foi possível constatar, mais uma vez, a rapidez de como as informações são repassadas. Além disso, foi possível perceber que o analista faz uso de papel e cronômetro para a sua coleta de dados. O aplicativo eliminará o uso do papel e o IDEF-SIM poderá ser criado ao lado dos representantes da empresa, que por ventura, analisará momentaneamente o modelo.

Posteriormente, após o levantamento desses requisitos, a tela inicial foi proposta, conforme Figura 5.2, com as seguintes funcionalidades:

- 1º - Botões roxo: Permite navegar por várias abas, após abrir um arquivo novo.
- 2º - Botão tabela com +: Criar tabela, com a possibilidade de definir a quantidade de linhas e colunas.
- 3º - Botão abrir a tela: Permite abrir a tela inicial.
- 4º - Botão fechar: Permite fechar o aplicativo, mas antes emite uma mensagem de segurança.
- 5º - Botão Salvar: Permite salvar o arquivo.
- 6º - Botão Salvar como: Permite salvar em um local.

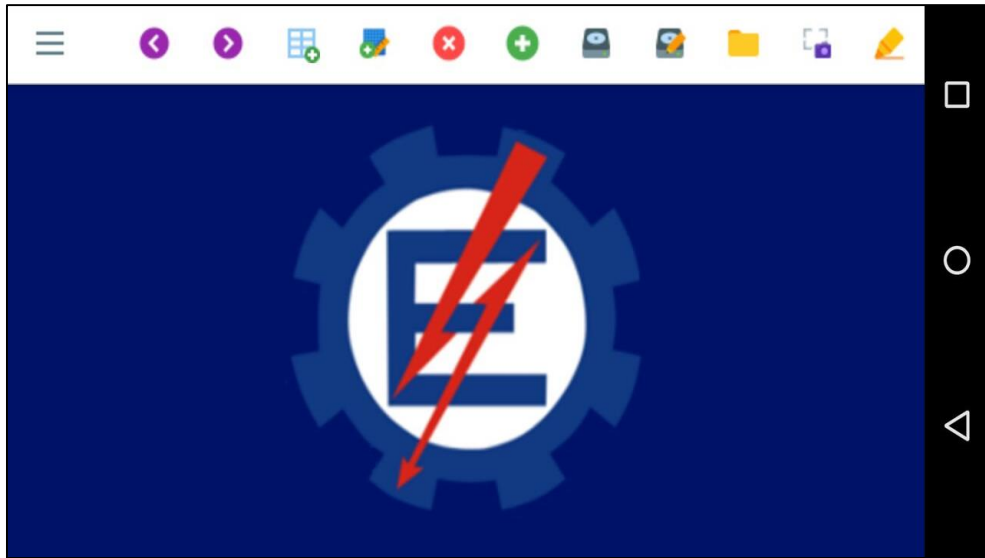


Figura 5.2 - Tela inicial do aplicativo

A Figura 5.3 demonstra a tela inicial do aplicativo. Ao se dirigir para ao lado direito, é possível verificar todos os símbolos que se pretende adicionar ao modelo, conforme mostra a Figura 5.3. A simbologia do aplicativo computacional já incorpora os símbolos propostos nesta dissertação.

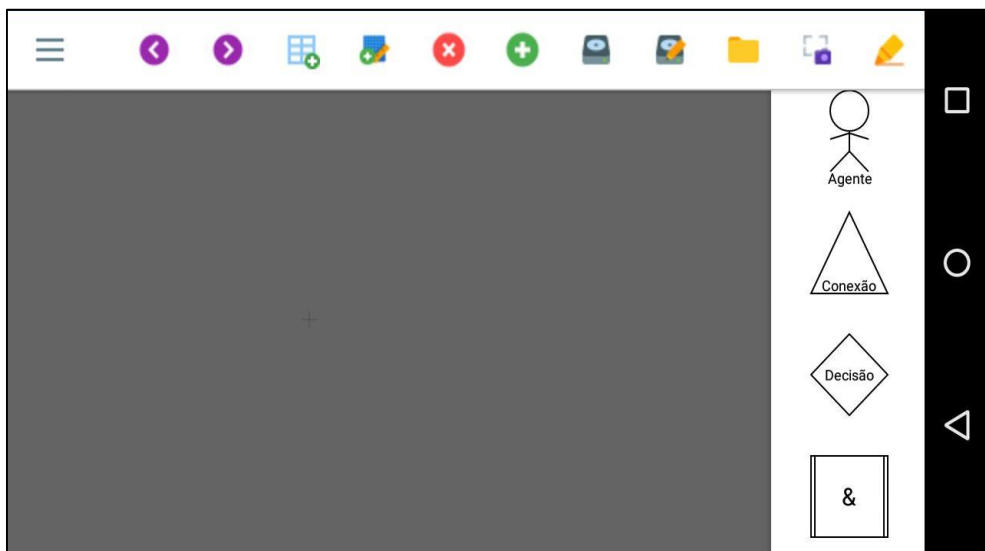


Figura 5.3 - Tela do aplicativo com os símbolos ao lado direito

Já a Figura 5.4, mostra opções secundárias do aplicativo. Ao selecionar o símbolo, entidade, percebe-se que outras funções foram ativadas, como: Editar o símbolo, Excluir, opções de rotacionar, opções de expansão do símbolo e ligação de setas, respectivamente.

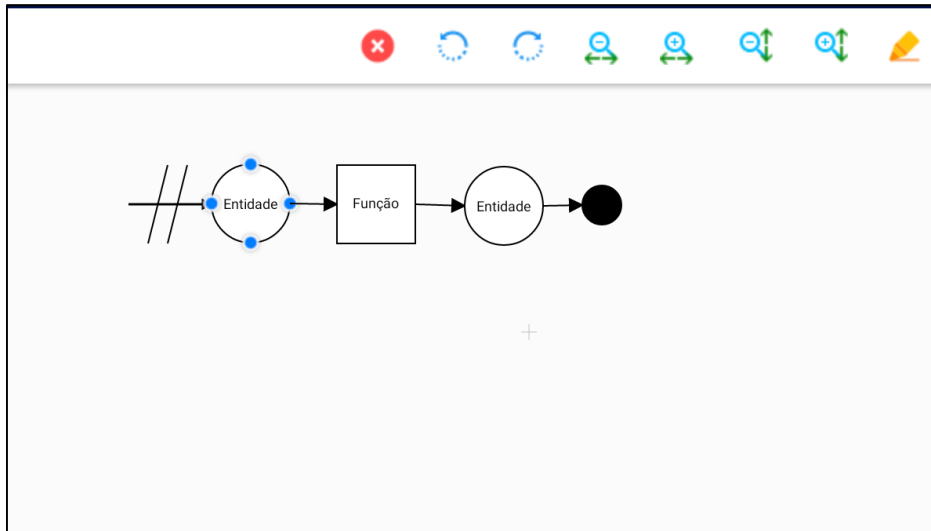


Figura 5.4 - Tela de funções secundaria do símbolo

Por fim, a Figura 5.6, demonstra as opções secundárias da seta. Ao selecionar uma seta, a tela emite dois novos botões: Opções de seta (seta ou um traço) e excluir seta.

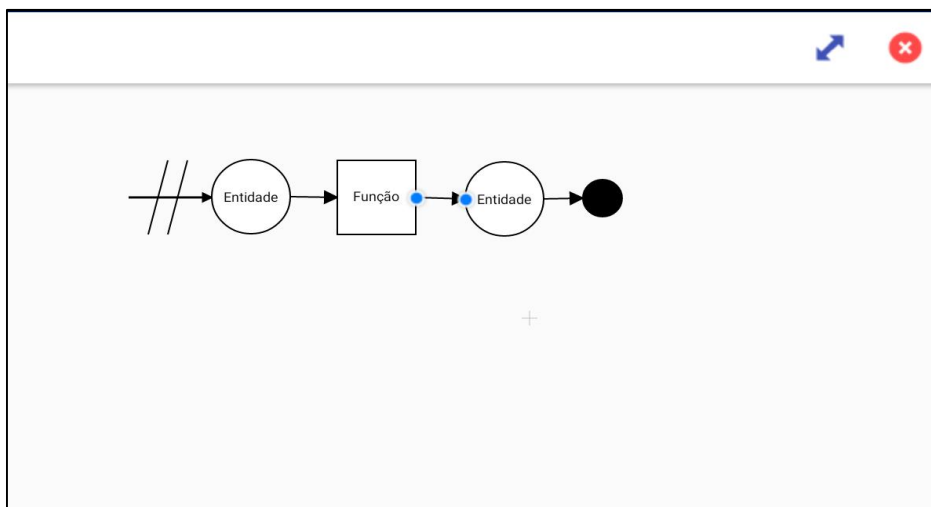


Figura 5.5 - Tela com funções secundárias da seta

O aplicativo foi testado e avaliado pelos desenvolvedores e por alguns membros do NEAAD. Os usuários responderam algumas questões e destacaram as seguintes vantagens para o uso do aplicativo computacional:

- Permite criação de tabelas selecionando a quantidade de linhas e colunas desejadas;
- Permite emitir o modelo conceitual em formato de imagem;
- Contém funções secundárias como: zoom, redirecionamento e edição;

- Permite criar modelos conceituais utilizando a técnica IDEF-SIM em aparelhos de *shartphone* e *tablets* com sistema operacional Android. Com isso os analistas podem realizar seus projetos em seus próprios aparelhos, a qualquer momento e qualquer lugar;
- Ferramenta disponível gratuitamente.

5.3 Registro do sistema

Após a construção do aplicativo contendo a técnica IDEF-SIM, deu-se início ao processo de seu registro. O depósito foi realizado no dia 13 de novembro de 2017, com a entrega dos documentos no departamento NIT (Núcleo de Inovações Tecnológicas), conforme apresentado no Anexo B. Os documentos serão utilizados para o registro no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), que é o órgão brasileiro responsável pelo processo de registro de *softwares*.

Dessa forma, o registro garante aos autores o direito sobre o sistema, diferentemente da patente. O uso do sistema é concedido sem a necessidade de pagamento, desde que proporcione os créditos aos autores. O processo de registro do sistema envolve várias etapas, desde análise do código-fonte do sistema, até a busca no banco de dados de *software*, a fim de identificar se existe algum *software* semelhante. Se dentro das normas do INPI, o processo segue as etapas de registro. Atualmente, o processo de registro do sistema encontra-se em andamento.

5.4 Reconstrução da biblioteca IDEF-SIM - DIA

O *software* DIA é utilizado, para construir modelos conceituais do IDEF-SIM pelo grupo de pesquisa do NEAAD. O mesmo possui licença pública, isto é, GNU (*General Public License*) e é considerado um *software* livre, ou seja, pode-se manipular e programar bibliotecas extensivas ou *shapes*, por meio de vetores, utilizando a linguagem de marcação XML (*eXtended Markup Language*).

Assim com a revisão da técnica teve-se que reconstruir a biblioteca IDEF-SIM, acrescentando três símbolos propostos nesse trabalho. A tabela não foi acrescentada na reconstrução da biblioteca por limitação do próprio *software*.

A Figura 5.7 apresenta a tela do *software* DIA com a inserção dos novos símbolos. À esquerda apresenta-se os símbolos da técnica como: agentes, multitarefas e regra e síncrona. O único símbolo que a biblioteca não permitiu a criação é o de tabela de informações, pois esse símbolo

é dinâmico, uma vez que o usuário deve escolher números de linhas, colunas, mesclar, atribuir valores etc., e a linguagem XML é de marcação estática que permite poucas movimentações e não possui atributos lógicos programáveis de decisão. Assim, para facilitar o uso desse símbolo é recomendável utilizar uma planilha eletrônica, de qualquer sistema operacional como: MSEXcel® ou Libre office Calc®, por exemplo. Já para a instalação do *software*, algumas mudanças foram feitas, assim no Apêndice C, segue o tutorial de instalação.

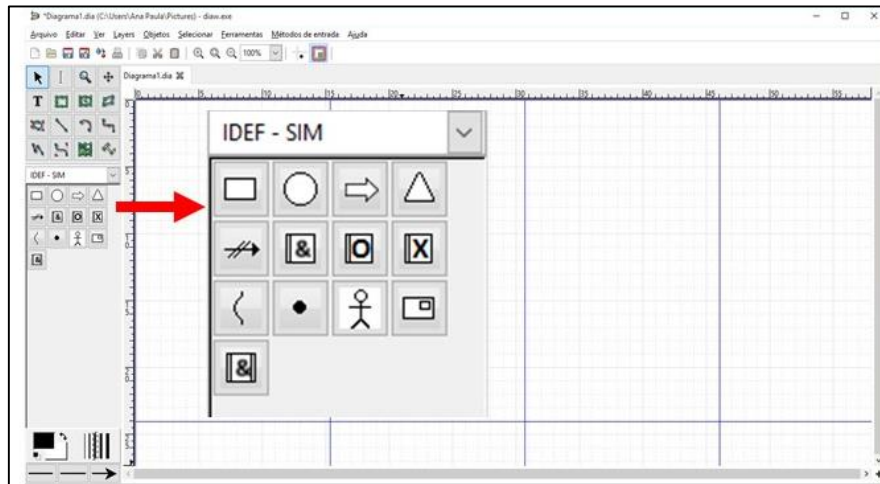


Figura 5.6 - Tela do software DIA com a reconstrução da biblioteca da técnica IDEF-SIM

5.5 Considerações finais

O Capítulo 5 exibiu os resultados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa. Foi apresentado o aplicativo computacional, bem como a avaliação de usabilidade, aplicabilidade e registro do aplicativo. Também foi apresentada a reconstrução da biblioteca IDEF-SIM no *software* DIA.

6. CONCLUSÕES

O objetivo desta dissertação foi analisar e estudar casos de simulação da literatura e da prática, a fim de avaliar se a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM atende as especificidades da simulação. Isso devido, principalmente, ao fato de que a fase de concepção de um projeto de simulação é considerada a fase mais importante e que guiará as demais etapas do projeto de simulação.

Sendo assim, esta dissertação sugeriu uma proposta de revisão para a técnica IDEF-SIM, a fim de melhorá-la e oferecer a analistas de simulação uma técnica de modelagem que atenda as reais características do projeto de simulação. Dessa forma, esta dissertação propôs sugestões de melhorias que poderão ser incluídas a técnica, a fim de sofisticar sua aplicabilidade.

Ao início do trabalho demonstrou-se um breve estudo bibliométrico que levantou a quantidade de trabalhos que já utilizaram a técnica IDEF-SIM e com isso pode-se constatar que embora seja um tema ainda pouco explorado, este vem crescendo e sendo discutido na literatura, principalmente, em congressos da área. Assim, é perceptível que este trabalho contribui com a expansão da técnica IDEF-SIM na literatura

Em seguida, na fundamentação teórica foram apresentados conceitos fundamentais para essa pesquisa envolvendo simulação computacional e modelagem conceitual. Então permitiu o entendimento sobre os temas o que facilitou a prática desse trabalho. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a pesquisa-ação, que permitiu o desenvolvimento prático desse estudo.

A pesquisa-ação foi planejada e a coleta dos dados foi conduzida por meio de entrevistas e aplicação de questionários. Partindo dos resultados apontados pelos respondentes, foram apontados alguns problemas que os mesmos enfrentavam com o uso do IDEF-SIM em seus projetos. Dessa forma, foram propostos novos símbolos que podem ser adicionados à técnica IDEF-SIM.

Após a apresentação da técnica IDEF-SIM revisada, a mesma foi aplicada em quatro casos reais de simulação, a fim de avaliar sua aplicabilidade, sempre se atentando para continuar com a facilidade e simplicidade do uso da técnica. Posterior a essa aplicação, os analistas avaliaram a revisão da técnica, que se demonstrou bem aceita pelos respondentes.

Por meio das avaliações feitas pelos analistas e também pelos criadores da técnica IDEF-SIM, concluiu-se que a revisão facilitou o entendimento do modelo e contribuiu para a despoluição de informações nos mesmos. Além de auxiliar na organização nos modelos conceituais; na centralização de informações; e permitir que o símbolo dos agentes para simulação híbrida, se

tornasse um importante indicador para o modelo e facilitou o entendimento e a futura programação na modelagem computacional. Dessa forma, observa-se que esta dissertação cumpriu com os objetivos estabelecidos ao início do trabalho.

Foi possível concluir ainda que o aplicativo desenvolvido, é considerado um grande auxílio no desenvolvimento e acompanhamento para os analistas em visitas técnicas nas organizações para modelar e conhecer os processos que se pretende simular. Vale ressaltar que o aplicativo aqui apresentado, está sendo registrado, por meio da universidade, que está oferecendo todo apoio necessário ao andamento do processo.

Concluiu-se por fim, que a reconstrução com a inclusão dos novos símbolos, na biblioteca do *software* DIA fornece uma outra ferramenta de auxílio para analistas de simulação durante a fase de modelagem conceitual de um projeto de simulação.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

O presente trabalho abordou um tema que vem sendo discutido e aos poucos ganhando espaço na literatura. Portanto, propõe-se algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser empregadas em relação aos temas aqui explanados, a saber:

- Aplicação do aplicativo IDEF-SIM em empresas e sistemas práticos, a fim de avaliar sua aplicabilidade e usabilidade;
- Criação de um aplicativo computacional IDEF-SIM contendo a técnica IDEF-SIM na plataforma IOS ou sistema operacional móvel da Apple®, embora o sistema operacional Android seja o mais utilizado, o sistema IOS também possui seu mercado;
- Revisar/propor a técnica IDEF-SIM para simulação baseada em agentes integrando o protocolo ODD, sem perder a simplicidade e facilidade atual do IDEF-SIM, e posteriormente aplicar e avaliar sua usabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED H.M., SCOBLE M.J., DUNBAR E.S. A comparison between Offset Herringbone and El Teniente underground cave mining extraction layouts using a discrete event simulation technique, **International Journal of Mining, Reclamation and Environment** 30(2) (2016) 71-91.

ALBRIGHT, S. C.; WINSTON, W. L. **Management science modeling**. Thomson South-Western, 2007.

ANGLANI A., GRIECO A., PACELLA M., TOLIO M. **Object-oriented modeling and simulation of flexible manufacturing Systems: a rule-based procedure**. Simulation Modelling Practice and Theory. 10 (3-4) (2002) 209–234.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

BAGDASARYAN, A. Discrete dynamic simulation models and technique for complex control systems, **Simulation Modelling Practice and Theory** 19 (4) (2011) 1061–1087.

BALDWIN, L. P.; ELDABI, T.; PAUL, R. J. Business process design: flexible modelling with multiple levels of detail. **Business Process Management Journal**, v. 11, n. 1, p. 22-36, 2005.

BANKS, J.; CARSON, J.S.; NELSON, B.L.; NICOL, D.M. **Discrete-Event System Simulation**. 5. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event Simulation**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005.

BANKS, J. **Handbook of simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.

BAUER C., HERZOG V., BAUER M. F. **Improved Technique for Electron Microscope Visualization of Yeast Membrane Structure**. Microsc Microanal 7(6):530-534, 2001.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies (contemporary social research)**. Londres: Routledge, 1989.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BURSE, F.; FERRARA, A.; GRASSI, A. e RONZONI, C. **Simulating continuous time production flows in food industry by means of discrete event simulation**. International Journal of Food Engineering, v. 11, n. 1, p. 139-150, 2015.

CARVALHO, B. V. **Aplicação do método ágil Scrum no desenvolvimento de produtos de software em uma pequena empresa de base tecnológica**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, 2009.

CHATFIELD D.C., HAYYA J.C., HARRISON T.P. **A multi-formalism architecture for agent-based, order-centric supply chain simulation**, *Simulation Modelling Practice and Theory* 15 (2) (2007) 153–174.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**, 4. ed. São Paulo: Campus-Elsevier Brasil, 2015.

CHWIF L., PAUL R.J., BARRETTO M.R.P. **Discrete event simulation model reduction: a causal approach**, *Simulation Modelling Practice and Theory* 14 (7) (2006) 930–944.

COLLIER N. OZIK J. Test-driven agent-based simulation development, in: WINTER SIMULATION CONFERENCE, **Proceedings...** Washington, USA, 2013.

COSTA, R.F.S.; MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, M. S. F.; MEDEIROS, A. L.; SILVA, A. L. F.; FRIEND, J. D. Discrete-event simulation and activity-based costing to aid the decision making process in a manufacturing cell. In: **The International Workshop on Applied Modelling & Simulation**, Búzios, RJ, 2010.

COTA B.A., SARGENT R.G. Control flow graphs: a method of model representation for parallel discrete event simulation, in: **CASE Center Technical Report 9026**, Syracuse University, 1990.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. **Action research. Action research for operations management**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n.2, p. 220-240, 2002.

FUJIMOTO, R. **Parallel and distributed simulation**. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, **Proceedings...** Califórnia, USA 2015.

GILBERT, N., TROITZCH K. C. **Simulation for the social scientist**. ed. Mc.Graw – Hill Education, 2005.

GRIMM, V.; BERGER, U.; DEANGELIS, D. L.; POLHILL, J. G.; GISKE, J.; RAILSBACK, S. F. **The ODD protocol: A review and first update**. *Ecological Modelling*, v.221, pp.2760-2768, 2010.

GRIMM, V., BERGER, U., BASTIANSEN, F., ELIASSEN, S., GINOT, V., GISKE, J., GOSS-CUSTARD, J., GRAND, T., HEINZ, S., HUSE, G., HUTH, A., JEPSEN, J.U., JØRGENSEN, C., MOOIJ, W.M., MÜLLER, B., PE'ER, G., PIOUS, C., RAILSBACK, S.F., ROBBINS, A.M.HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel®**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. 9. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

HOLLOCKS, B. W. Forty years of discrete-event simulation – A personal reflection. **Journal of the Operational Research Society**. n. 57, p. 1383-1399. 2005.

KASAIE P., KELTON W.D. **Simulation optimization for allocation of epidemic-control resource**. IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering 3(2) (2013) 78-93.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P. E.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. 4. Ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

KOTIADIS K, ROBINSON S., Conceptual modelling: knowledge acquisition and model abstraction, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Miami, USA, 2008.

LAGUNA, M., MARKLAND, J. “Business Process Modeling, Simulation and Design”, Pearson Prentice Hall, 2005.

LAW, A. M.; KELTON, D. W. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LAW, A. M. Simulation model’s level of detail determines effectiveness. **Industrial engineering**. v. 23, p. 16-18, 1991.

LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D. A. de; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. In: **Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, 2009.

LEAL F., ALMEIDA D.A, MONTEVECHI J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF, in: **Anais do XL SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, João Pessoa, Brasil, 2008.

LEONEL, S. G. **Um estudo do processo de planejamento tecnológico de uma empresa nascente: alinhando tecnologia, produto e mercado com foco na necessidade do cliente**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2007.

MACAL, C.; NORTH, M. Introductory Tutorial: Agent-Based Modeling and Simulation. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Savannah, GA, USA, 2014.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Agent-Based Modeling and Simulation. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Austin, TX, USA, 2009.

MACAL C.M., NORTH M.J, Tutorial on agent-based modeling and simulation, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Orlando, USA, 2005.

MAKINO, A. **Abordagem da metodologia RUP no desenvolvimento de um sistema de gestão comercial**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade 50 de Tecnologia de Taquaritinga, Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”, Taquaritinga, 2009.

MARTINS, R. A. **Abordagens quantitativa e qualitativa**. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações, Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MASHHADI A.R., ESMAEILIAN B., BEHDAD S., Simulation modeling of consumers; participation in product take-back systems, **Journal of Mechanical Design** 138(5) (2016) 1-11.

MATTOS NETO, P. **Planejamento de novos produtos por intermédio do Método Technology Roadmapping (TRM) em uma pequena empresa de base tecnológica do setor de internet móvel.** 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2005.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução.** *Produção*, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONTEVECHI J.A.B., PEREIRA T.F., SILVA C.E.S., MIRANDA R.C., SCHEIDEGGER A.P.G. Identification of the main methods used in simulation projects. in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** California, USA, 2015.

MONTEVECHI J.A.B., LEAL F., PINHO A.F., COSTA R.F.S., OLIVEIRA M.L.M, SILVA A.L.F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Baltimore, USA, 2010.

MONTEVECHI J.A.B., PINHO A.F., LEAL F., MARINS F.A.S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Washington, USA, 2007.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** In: MIGUEL, P. A. C. (Org). Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 170-196.

NORONHA, J. C. **Opções reais aplicadas à gestão do processo de desenvolvimento de produto em uma indústria de autopeças.** 2009. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, 2009.

NORTH M, MACAL, C. **Successful approaches for teaching agent- based simulation.** *J Simulation* 2012. 10.1057/jos.2012.

NORTH, M. J.; MACAL, C. M. **Managing Business Complexity Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation.** New York: Oxford University Press, Inc. 2007. 326 p.

NUNES A.F., RANGEL J.J.A. Aspectos de aplicação do IDEF-SIM na construção de modelos de simulação, in: XLI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, **Anais...** Brasil, 2009.

O’KANE, J. F.; SPENCELEY, J. R.; TAYLOR, R. Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 107, p. 412-424, 2000.

OLIVEIRA, M. L. M. **Análise da aplicabilidade da técnica de modelagem IDEF-sim nas etapas de um projeto de simulação a eventos discretos. 2010.** 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, 2010.

OQUIST, P. The philosophy of action Science. **Journal of Managerial Psychology**, v. 10, n. 6, p. 6-13, 1995.

PEREIRA T.F. **Metodologia para o gerenciamento de projetos de simulação a eventos discretos baseada no PMBOK®: pesquisa-ação em uma empresa de alta tecnologia.** 2017. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, 2017.

PEREIRA T.F., MONTEVECHI J.A.B., MIRANDA R.C., FRIEND J.D. Integrating soft systems methodology to aid simulation conceptual modeling, **International Transactions in Operational Research** 22(2) (2015) 265-285.

PEREIRA, T. F.; MIRANDA; R. C.; MONTEVECHI, J. A. B. Gestão do conhecimento em projetos de simulação: um estudo de caso. In: XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, **Anais...** Natal, RN, 2013.

PERERA T., LIYANAGE K. **Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of the manufacturing systems**, *Simulation Practice and Theory* 7 (7) (2000) 645–656.

PIDD, M. **Computer simulation in management science.** 5. ed. John Wiley & Sons, 2004.

ROBINSON, S. **Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation.** In: Department of Defense Conceptual Modeling Handbook, 2015.

ROBINSON, S. **Discrete-Event Simulation: A Primer.** In: *Discrete Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making* (Brailsford, S., Churilov, L. and Dangerfield, B., eds.). Wiley, Chichester, pp. 10-25, 2014.

ROBINSON, S. **“Conceptual Modeling for Simulation.”** In **Encyclopedia of Operations Research and Management Science**, Edited by J.J. Cochran, forthcoming. New York: Wiley, 2011.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society.** v. 59, p. 278-290, 2008.

ROBINSON S., **Conceptual modeling for simulation: issues and research requirements**, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** California, USA, 2006.

ROBBINS, M.M., ROSSMANITH, E., RÜGER, N., STRAND, E., SOUISSI, S., STILLMAN, R.A., VABØ, R., VISSER, U., DEANGELIS, D.L. **A standard protocol for describing individual-based and agent-based models**. *Ecol. Model.* 198, 115–126 , 2006

ROBINSON, S. **Discrete-Event Simulation: From the Pioneers to the Present, What Next?** *Journal of the Operational Research Society*, v. 56, n. 6, p. 619-629, 2005.

RYAN J., HEAVEY C. **Process modeling for simulation**, *Computers in Industry* 57 (5) (2006) 437–450.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Revista Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.

SANCHEZ S., LUCAS T., Exploring the world of agent-based simulation: simple models, complex analysis, in: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Piscataway, USA, 2002.

SARGENT, R.G. Verification and validation of simulation models. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Austin, USA, 2009.

SHANNON, R. E. **Introduction to the art and science of simulation**. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Washington, DC, USA, 1998.

SHAWKI K.M., KILANI K., GOMAA M.A., Analysis of earth-moving systems using discrete-event simulation, **Alexandria Engineering Journal** 54(3) (2015) 533-540.

SIEBERS, P.O.; MACAL, C.M.; GARNETT, J.; BUXTON, D.; PIDD, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long life agent-based simulation!, **Journal of Simulation**, v.4, p. 204-210, 2010.

SLOOT P.M.A, PIMENTEL A.D., HERTZBERGER L.O., **Design issues for high performance simulation**, *Simulation Practice and Theory* 6 (3) (1998) 221-242.

SMITH, M.J.; GOODCHILD, M.F; LONGLEY, P.A. **Geospatial Analysis: A comprehensive Guide to Principles, Techniques and Softwares Tools**. Leicester, England: Troubador Publishing Ltda., 2007.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison- Wesley, 2007.

STEPONAVIČĚ, I.; RUUSKA, S.; MIETTINEN, K. A solution process for simulation-based multiobjective design optimization with an application in the paper industry. **Computer-Aided Design**, v.47, p.45-58, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2007.

ZHANG,T.; ZHANG, D. Agent-based simulation of consumer purchase decision-making and the decoy effect. **Journal of Business Research**. Vol.60, p.912-922, 2007.

APÊNDICE A – Questionário sobre o IDEF-SIM

Este questionário é composto por 15 questões e pretende avaliar a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM.

1) Você geralmente utiliza a técnica de modelagem IDEF-SIM para desenvolver projetos de simulação?

- Não
- Sim
- As vezes

2) Além do IDEF-SIM, você utiliza (utilizou) algumas das técnicas abaixo para desenvolver projetos de simulação?

- Fluxograma
- UML
- SIPOC
- Mapofluxograma
- IDEF0
- IDEF3
- VSM
- OUTROS

3) Você encontrou alguma dificuldade em utilizar a técnica de modelagem IDEF-SIM?

- Sim
- Não
- Às vezes

4) A utilização da técnica de modelagem IDEF-SIM é intuitiva?

- Sim
- Não
- Às vezes

5) O IDEF-SIM atende projetos de simulação baseada em agentes?

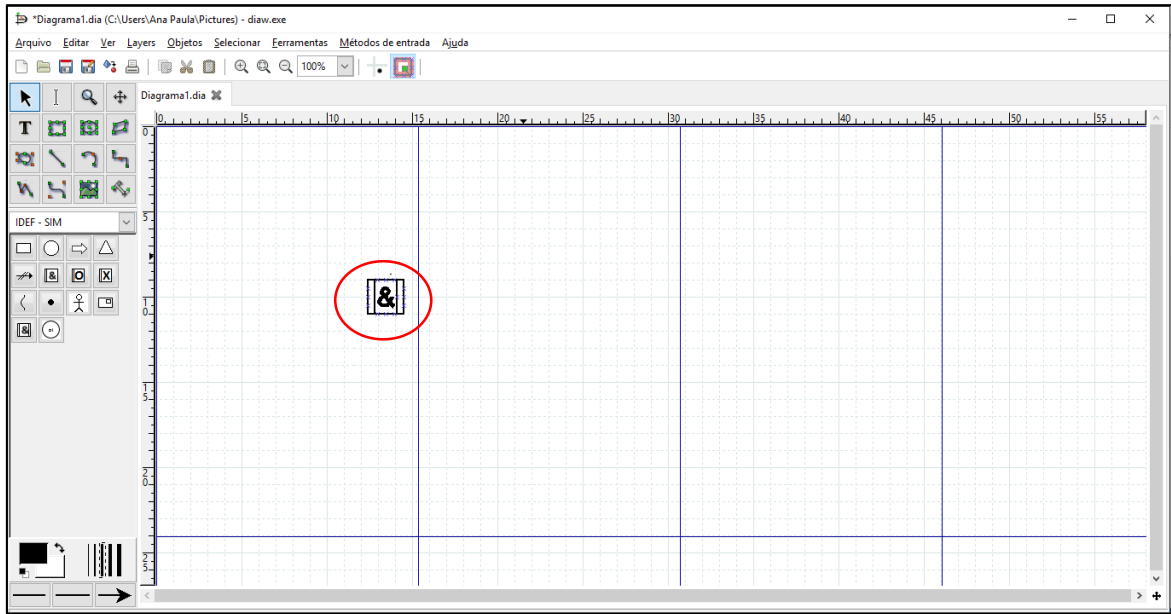
- Não sabe responder
- Às vezes

- Nunca
- 6) Você utiliza (utilizou) a técnica de modelagem IDEF-SIM para outros tipos de projetos que não sejam de simulação? Se sim, quais?**
- 7) Em sua opinião o IDEF-SIM auxilia para a construção do modelo computacional? Por quê?**
- 8) Na sua opinião, o IDEF-SIM possui fácil interação com os softwares para a construção do modelo computacional?**
- 9) Para a simulação baseada em agentes, a técnica de modelagem IDEF-SIM atende o desenvolvimento desses projetos?**
- 10) Para simulação baseada em agentes, você utiliza outras técnicas de mapeamento, quais e por quê? Caso não conheça essa técnica, deixar essa questão em branco.**
- 11) Quais dificuldades você encontrou em utilizar a técnica de modelagem IDEF-SIM?**
- 12) Quais as vantagens em se utilizar a técnica de modelagem IDEF-SIM para o desenvolvimento de projetos em simulação?**
- 13) Caso a técnica de modelagem IDEF-SIM não atenda às necessidades da simulação baseada em agentes, quais melhorias você poderia apontar para o IDEF-SIM? Caso não conheça essa técnica, deixar essa questão em branco.**
- 14) Em quais fases o IDEF-SIM é mais importante? Concepção, implementação e/ou análise? Por quê?**
- 15) Em qual tipo de simulação (simulação a eventos discretos e simulação baseada em agentes), a técnica IDEF-SIM atende melhor? Por quê?**

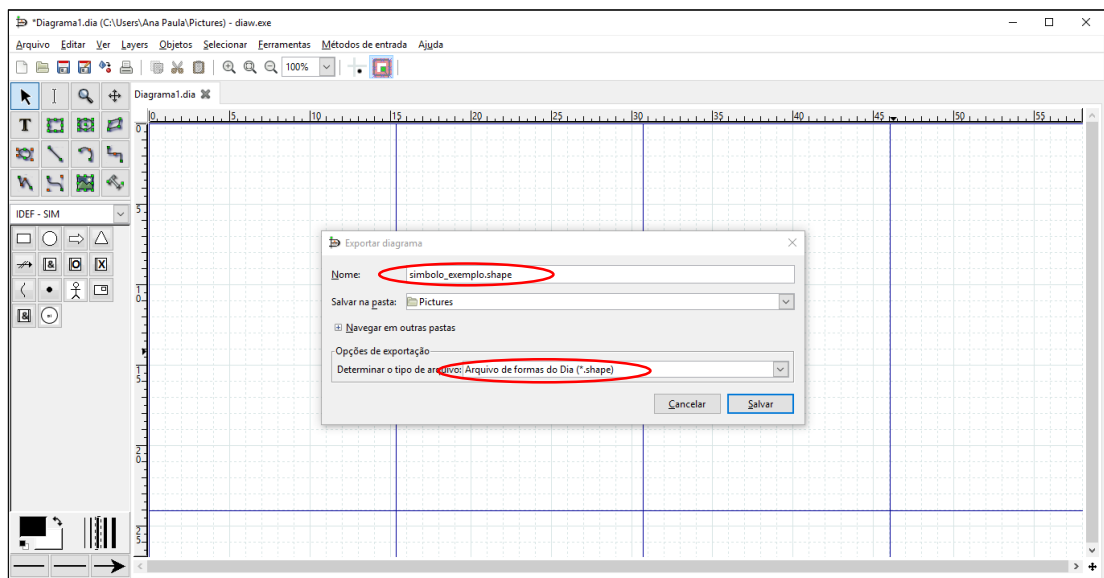
16) Se você pudesse ter em seu Smartphone, Tablets, Ipads a técnica de modelagem IDEF-SIM como um aplicativo, você acha que facilitaria o desenvolvimento de seus projetos?

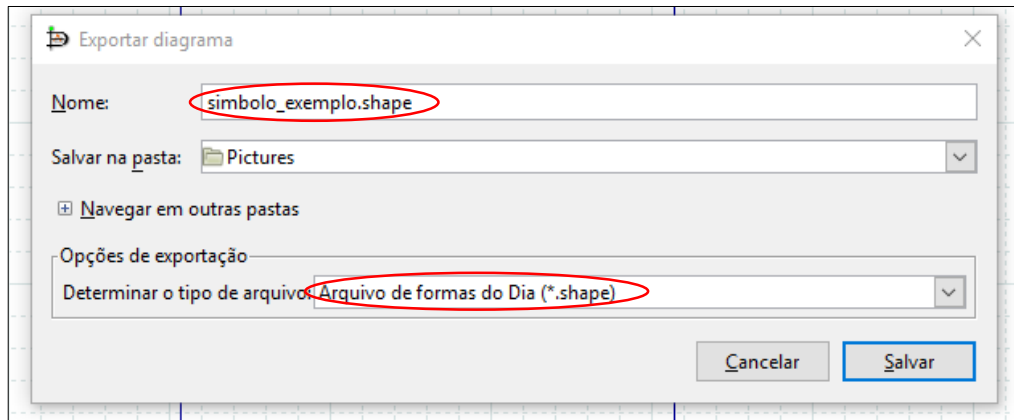
APÊNDICE B – Tutorial de criação de símbolos na biblioteca do software DIA

Abra o *software* DIA e crie na tela de desenvolvimento o símbolo que deseja inserir na biblioteca.

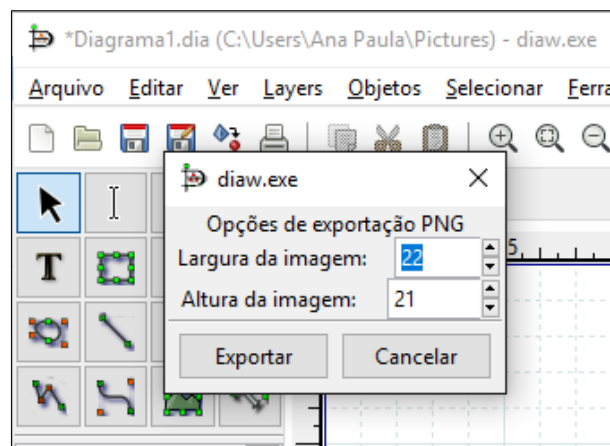


Em seguida clique em **Arquivo** e **Exportar**. Coloque o nome para o símbolo e determine o tipo de arquivo em: **Arquivo de formas do Dia (*.shape)** e clique em **Salvar**.

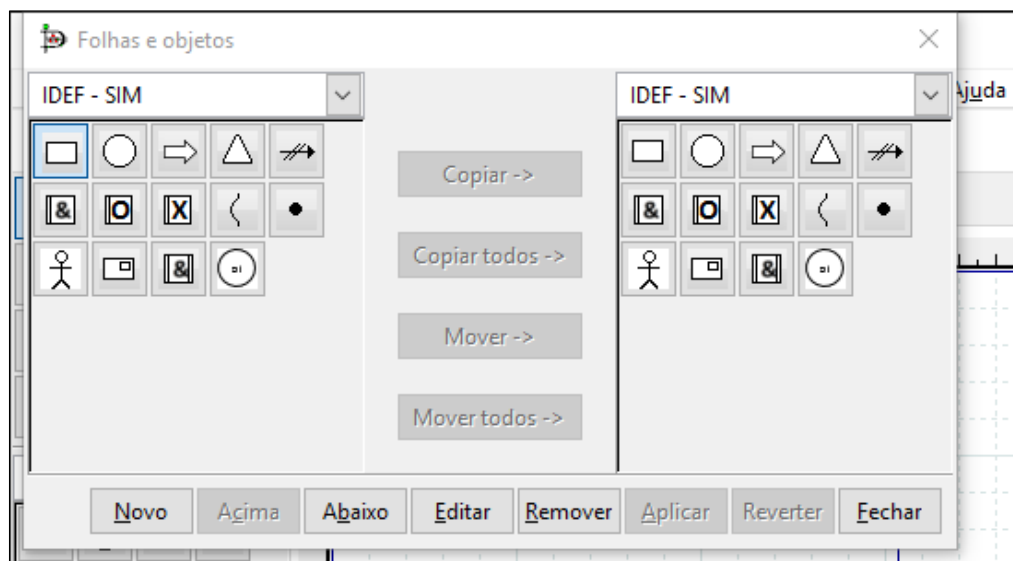




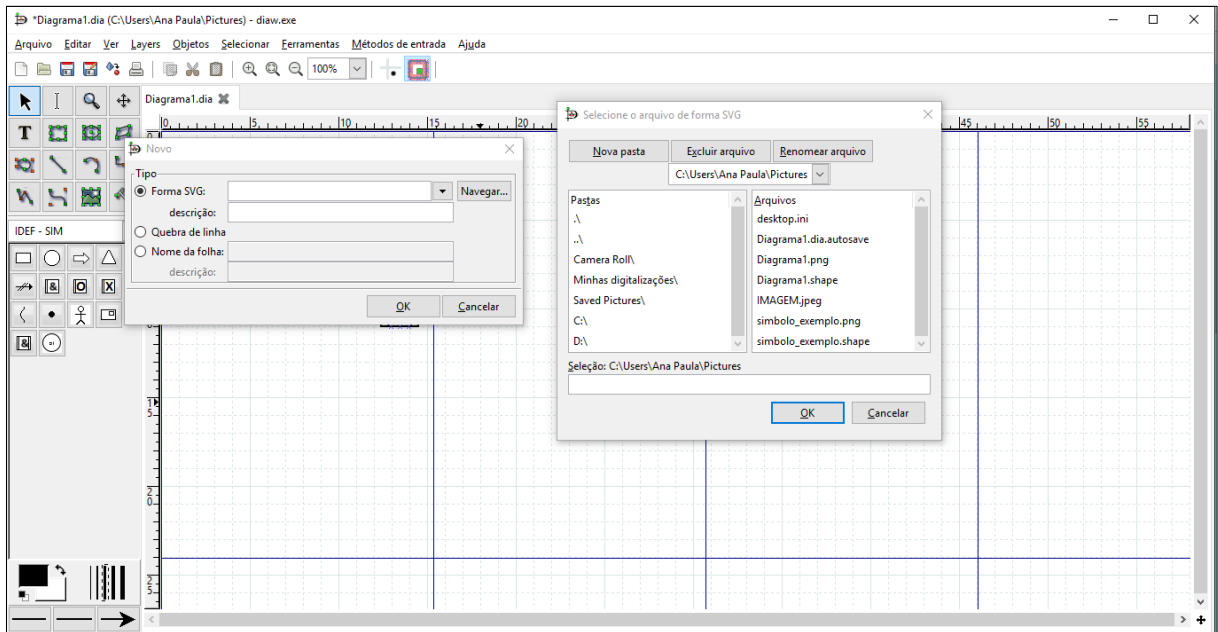
Posteriormente, o programa mostra uma tela com opções das dimensões da imagem, caso queria alterar, em seguida clique em **Exportar**.



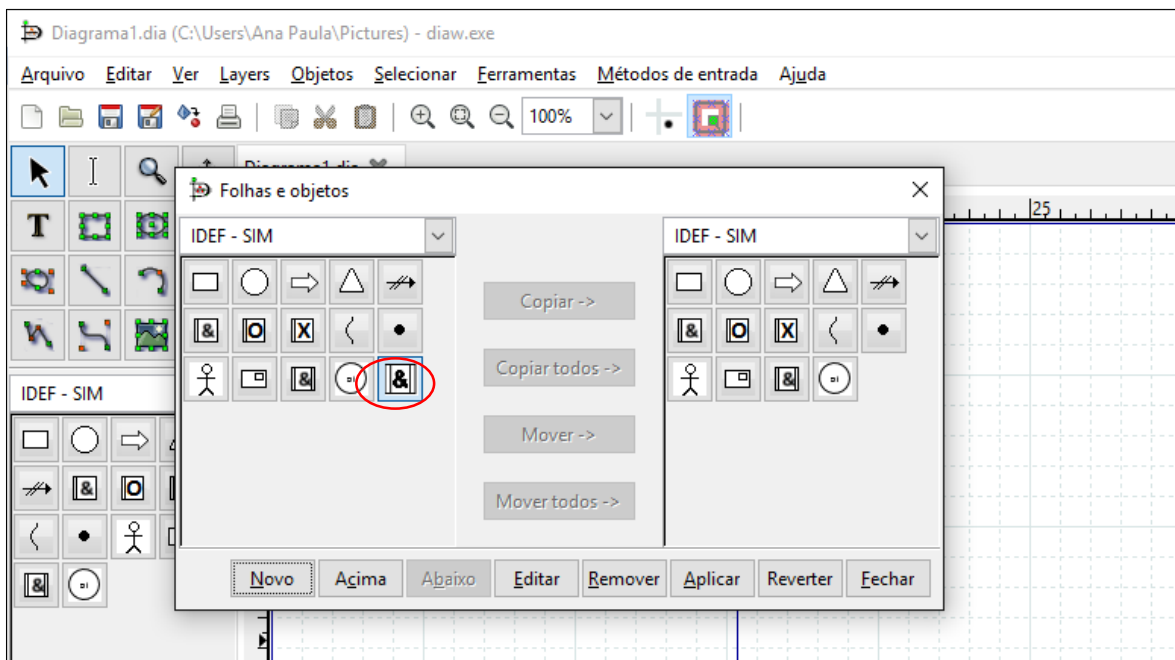
Clique em **Arquivo** e **Folhas e Objetos**.



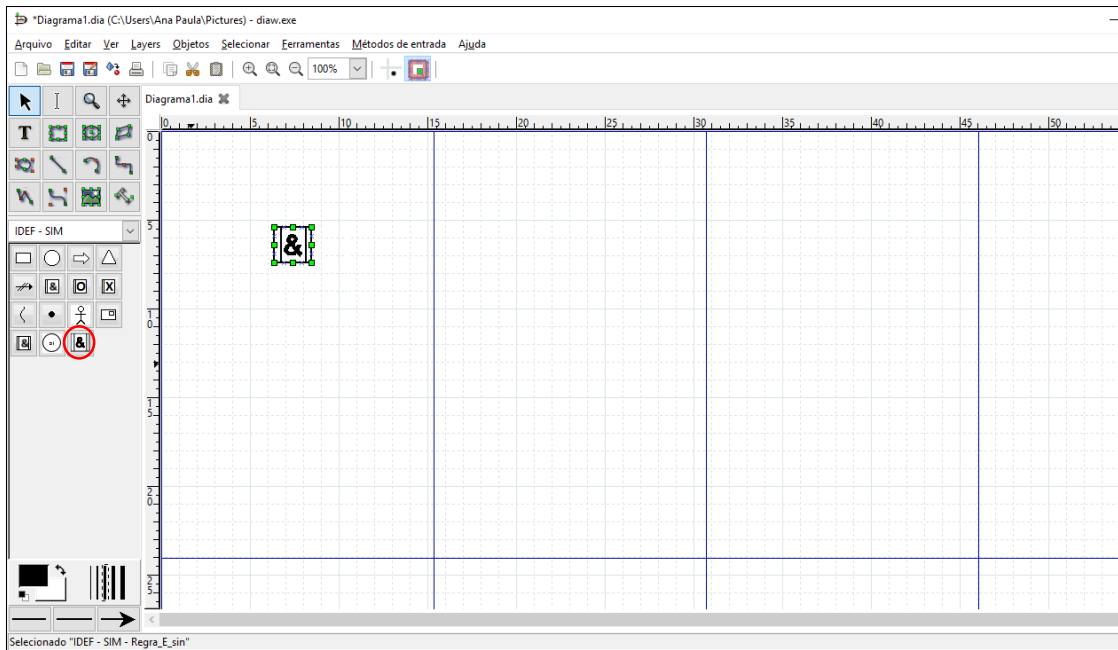
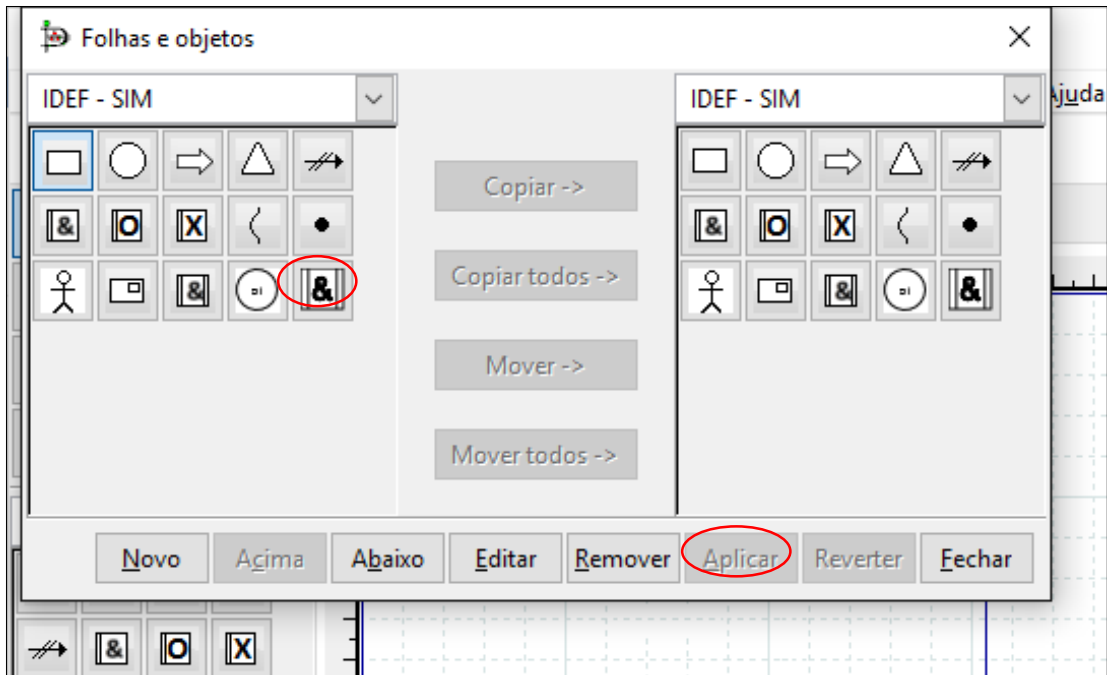
Clique em **Novo** e Opção **Navegar**. Depois procure a imagem que foi exportada no computador. Se não mudou o caminho a imagem possivelmente estará em `.Pictures\simbolo_exemplo.shape`. O arquivo deve terminar com extensão **.shape**.



Percebe-se que a imagem criada foi inserida:



Em seguida clique no símbolo e em **Aplicar**. Feche a tela e em seguida o símbolo ira aparecer na biblioteca.



Ao fechar o programa os símbolos criados não serão perdidos.

APÊNDICE C – Publicação e submissão de artigos

Artigos publicados em anais de congressos:

1. COSTA, A. P. R.; COSTA, R. F. ; LEAL, F. ; PINTO, M. B. ; PINTO, W. G. M. . PROPOSTA DE CONFIGURAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS E MODELAGEM IDEF-SIM. In: XLVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2015, Porto de Galinhas. XLVII SBPO, 2015.
2. SILVA, E. M. M. ; SENA, D. C. ; COSTA, A. P. R. ; PINHO, A. F. . Simulação Híbrida do Processo Produtivo do Palmito de Pupunha.. In: XLVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2015, Porto de Galinhas. XLVII SBPO, 2015.
3. COSTA, A. P. R.; COSTA, R. F.; LEAL, F.. MAPEAMENTO DE PROCESSOS EM UMA UNIDADE HOSPITALAR: PROPOSTA DE MELHORIAS BASEADAS EM CONCEITOS LEAN. In: ENEGEP - XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza - CE. Anais Eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2015.
4. COSTA, R. F.; COSTA, A. P. R. ; SILVA, E. M. M. ; LIMA, J. P. . APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR NA SELEÇÃO DE ROTAS DE COLETA SELETIVA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS EM ITAJUBÁ - MG. In: ENEGEP - XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza-CE. Anais Eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2015.
5. MONTEVECHI, J. A. B.; SENA, D. C. ; SILVA, E. M. M. ; COSTA, A. P. R. ; SCHEIDEGGER, A. P. G. . HYBRID SIMULATION OF PRODUCTION PROCESS OF PUPUNHA PALM In: Winter Simulation Conference, 2015, Huntington Beach. Winter Simulation Conference, 2015.

Artigos aprovados em periódicos:

1. Sena, D. C.; Silva, E. M. M.; Costa, A. P. R.; Montevechi, J. A. B.; Pinho, A. F.; Miranda, R. C.. DYNAMIC ALLOCATION OF ADDITIONAL HUMAN RESOURCES IN A PRODUCTION PROCESS USING HYBRID SIMULATION. Submitted in Journal of Simulation, 2016.

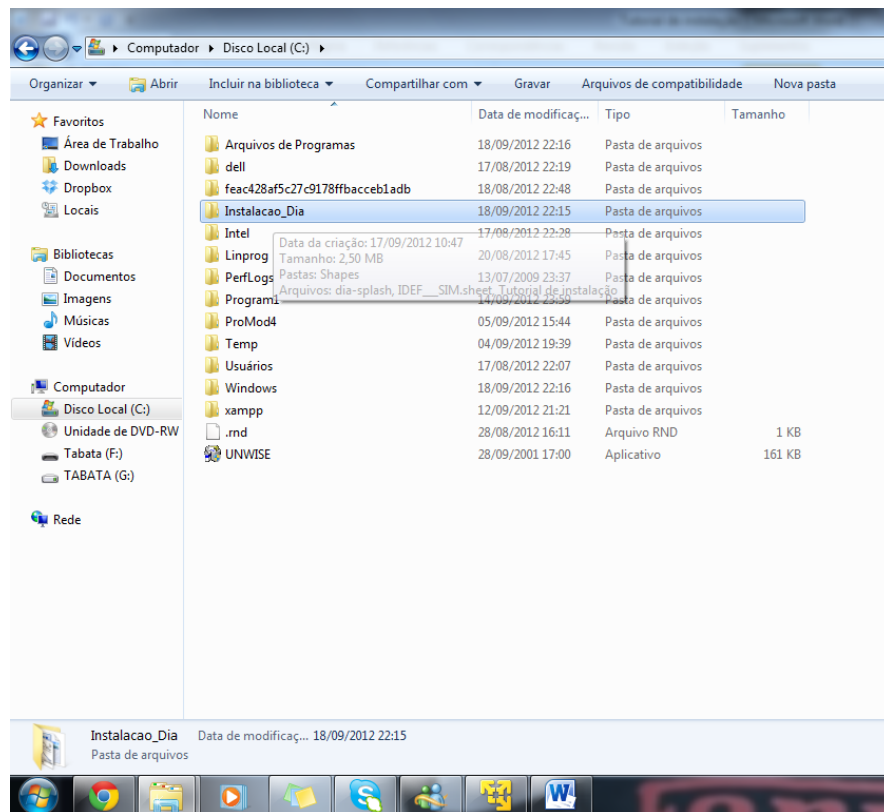
Artigos submetidos para publicação em periódicos:

2. Costa, A. P. R.; Scheidegger, A. P. G.; Pereira, T. F.; Montevechi, J. B.; Leal, F.; Banerjee, A.; Oliveira, M. L. M.. EVALUATION OF THE CONCEPTUAL MODELLING TECHNIQUE FOR DEVELOPING DISCRETE EVENT MODELS IN PRODUCTION AND SERVICE SYSTEMS. Submitted in Journal of Simulation. 2017.

ANEXO A – Tutorial de instalação do *software* DIA contendo a nova biblioteca do IDEF-SIM

Tutorial de instalação do Dia com a Biblioteca IDEF-SIM

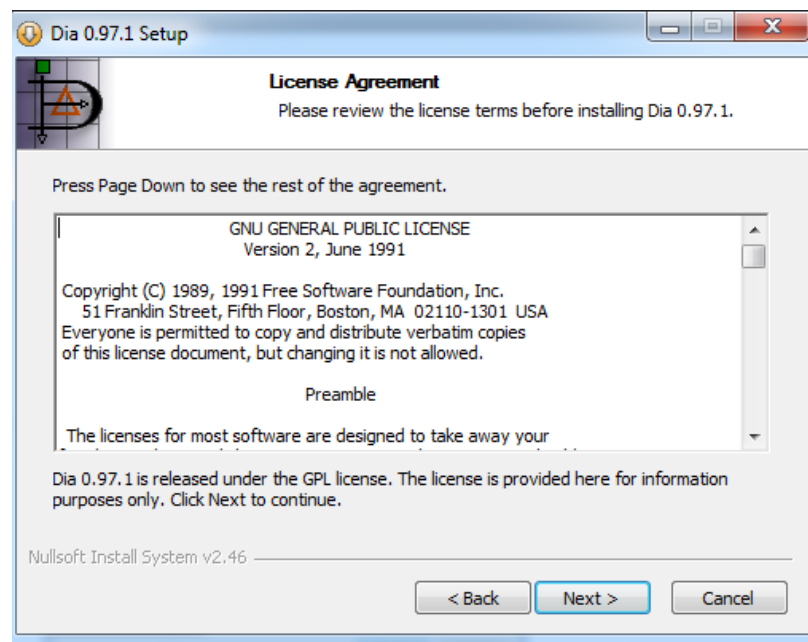
Primeiramente copie a pasta “Instalacao_Dia” em seu C:, esse passo é obrigatório para que a instalação seja feita corretamente.



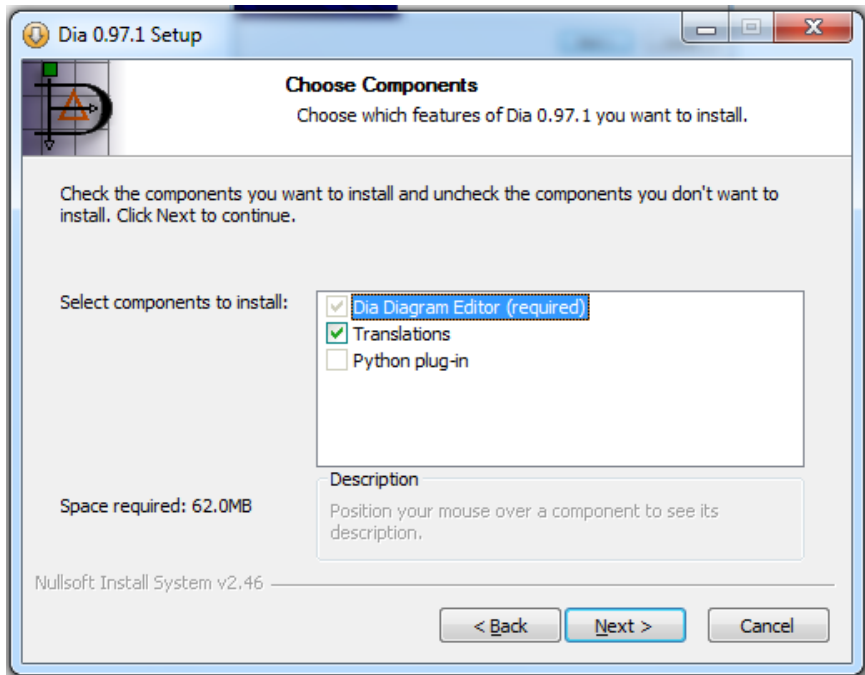
Em seguida, execute o arquivo **dia-setup.exe** e faça a instalação:



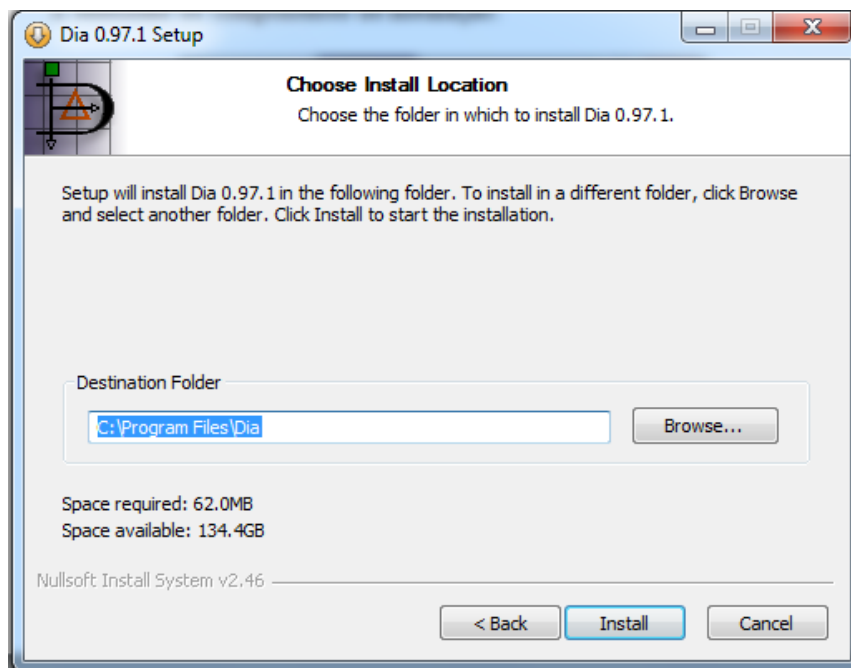
Aceite os termos de licença:



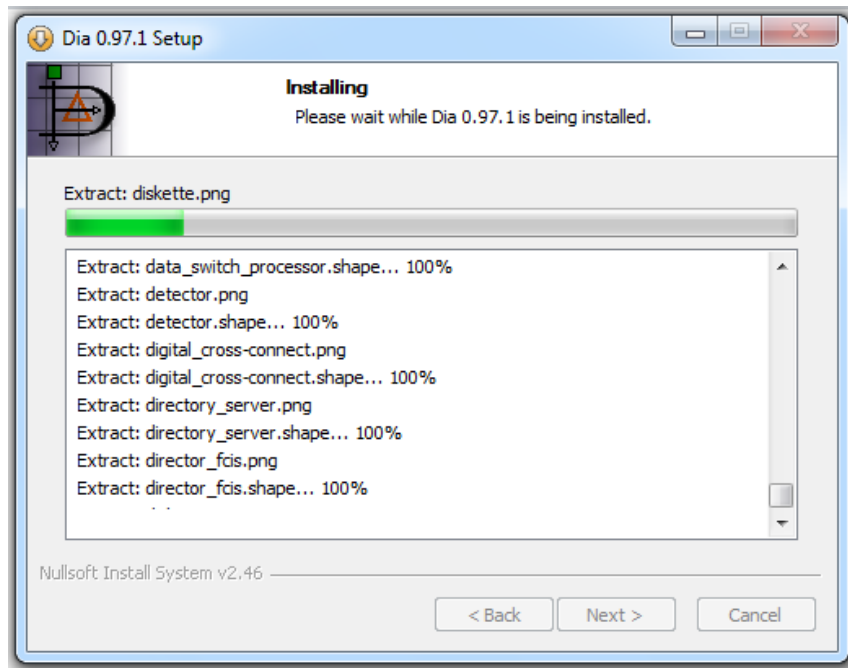
E selecione os componentes de instalação:



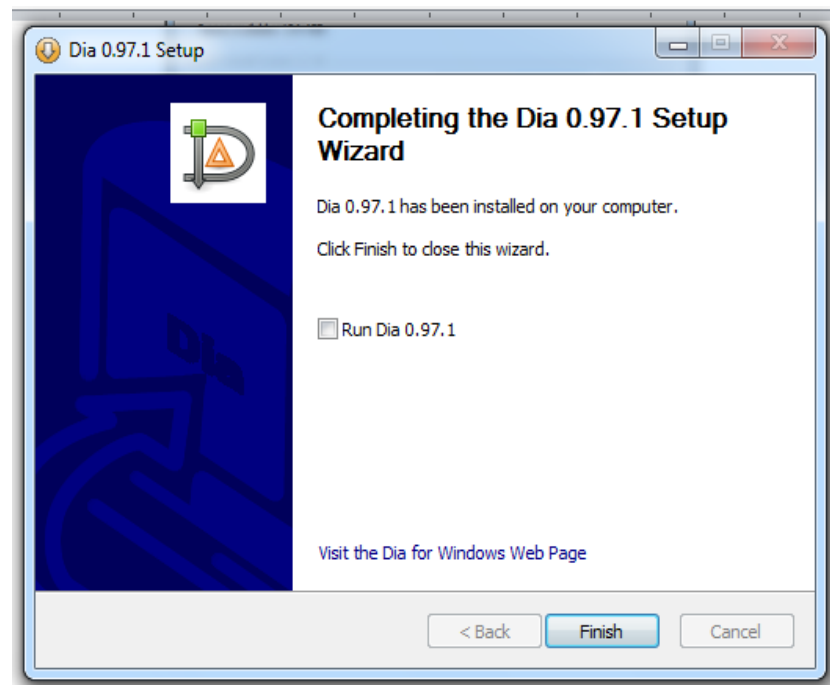
Escolha o caminho:



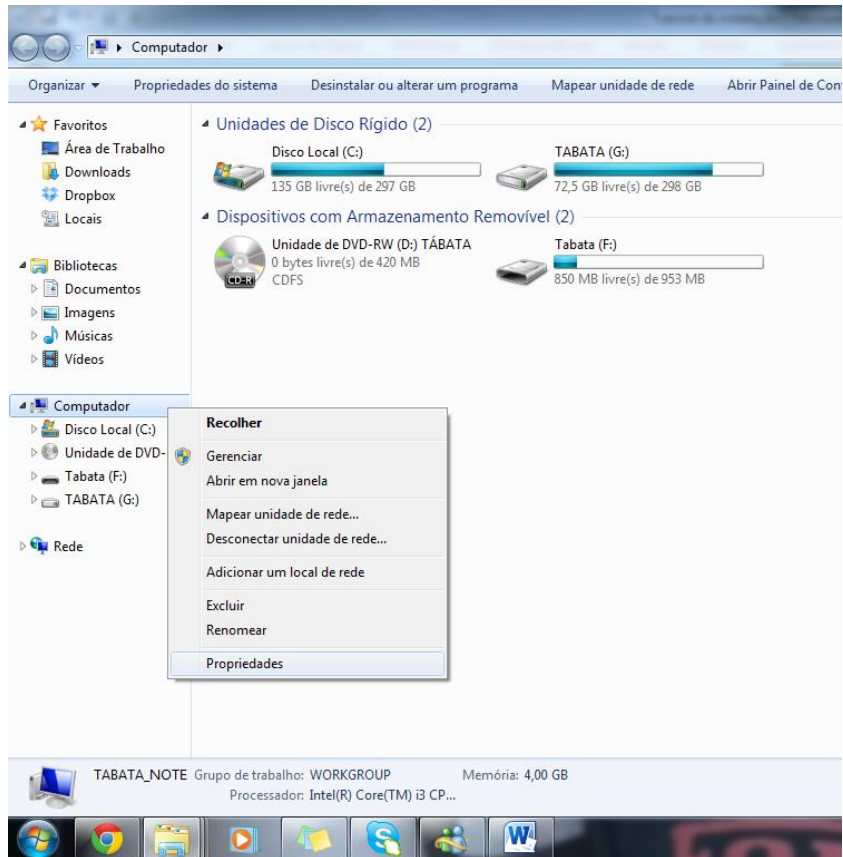
E instale:



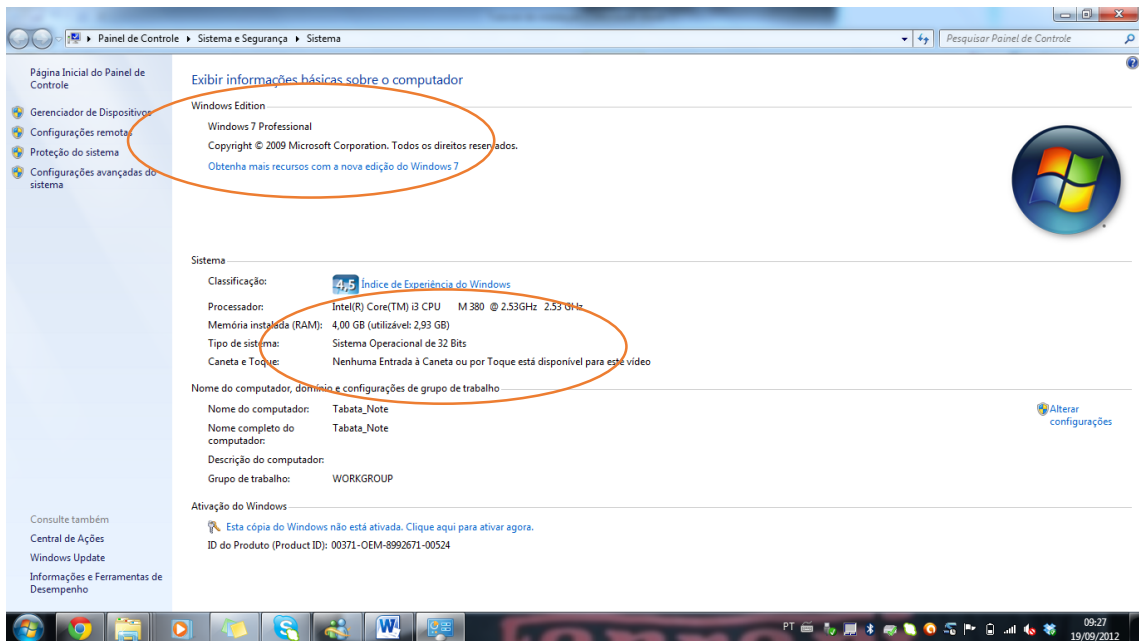
E por fim, finalize:



Para realizar a instalação da biblioteca IDEF-SIM e seus componentes, verifique que sistema operacional você está usando. Clique com o botão direito no “Meu computador” e vá em “propriedades”:



Na tela que abrir, verifique qual o seu sistema operacional e qual a arquitetura (32 bits ou 64 bits):



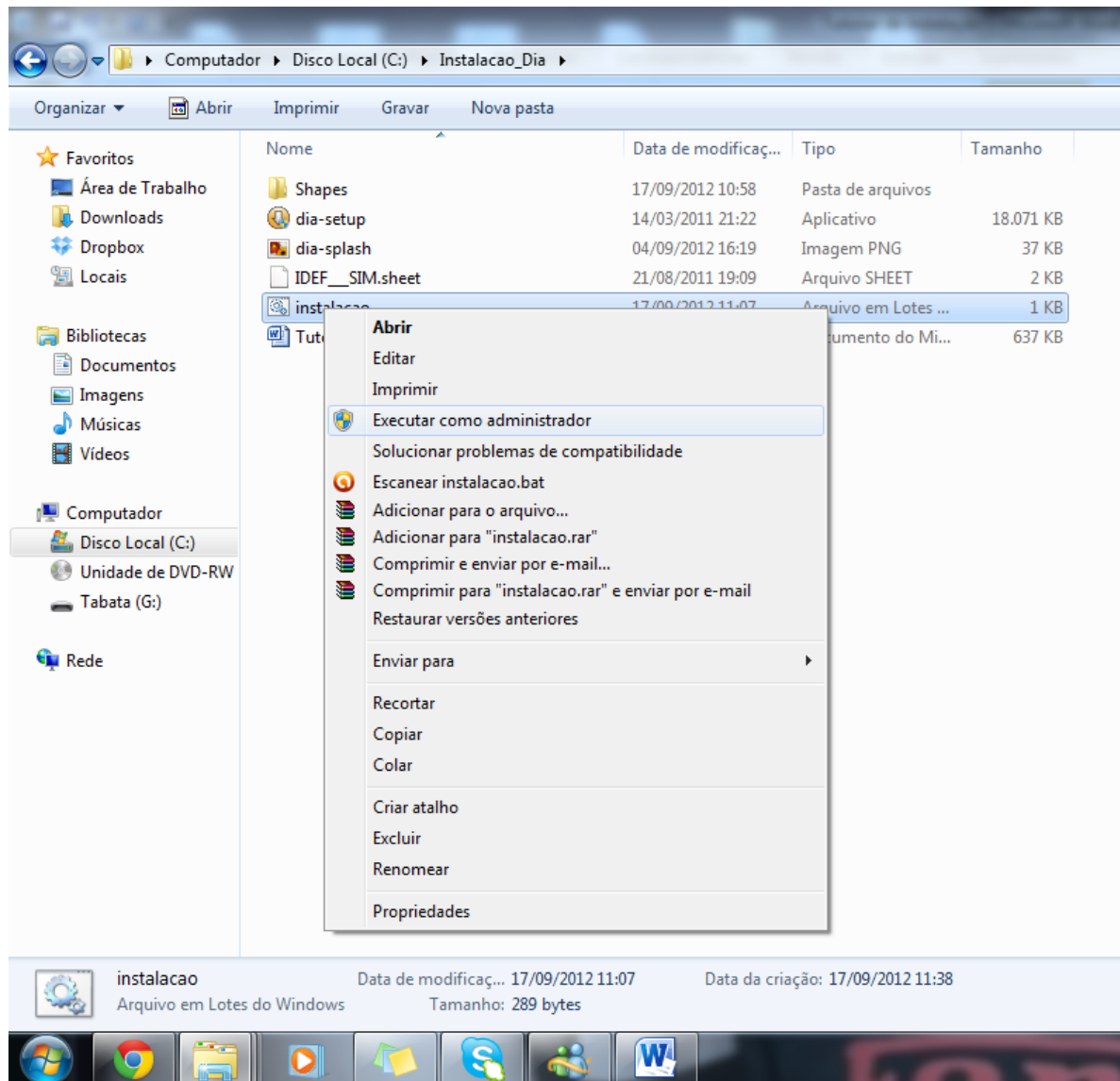
Dependendo do seu sistema operacional, você irá escolher o arquivo adequado para seu sistema.

Instalação XP: Windows XP;
instalacao_32bits: Windows 7 de 32 bits;
instalacao_64bits: Windows 7 de 64 bits;
instalacao_32bits: Windows 8 de 32 bits;
instalacao_64bits: Windows 8 de 32 bits;

Obs.: Se o sistema operacional que você utiliza não apareceu na lista, entre em contato com o Grupo de desenvolvimento, por meio do e-mail: neaadunifei@gmail.com.

Após identificado o arquivo adequado para o seu sistema, execute o mesmo.

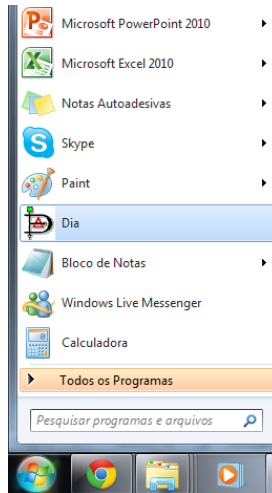
Você deve executar este arquivo como administrador (botão direito em cima do arquivo e selecione a opção “executar como administrador”):



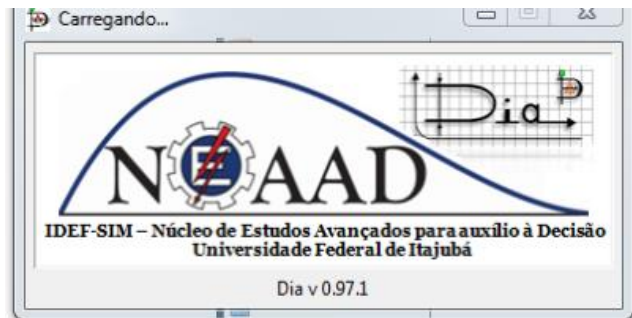
Autorize a instalação do programa e então irá abrir uma janela com a tela preta, que irá se fechar automaticamente.

Pronto sua biblioteca foi instalada com êxito.

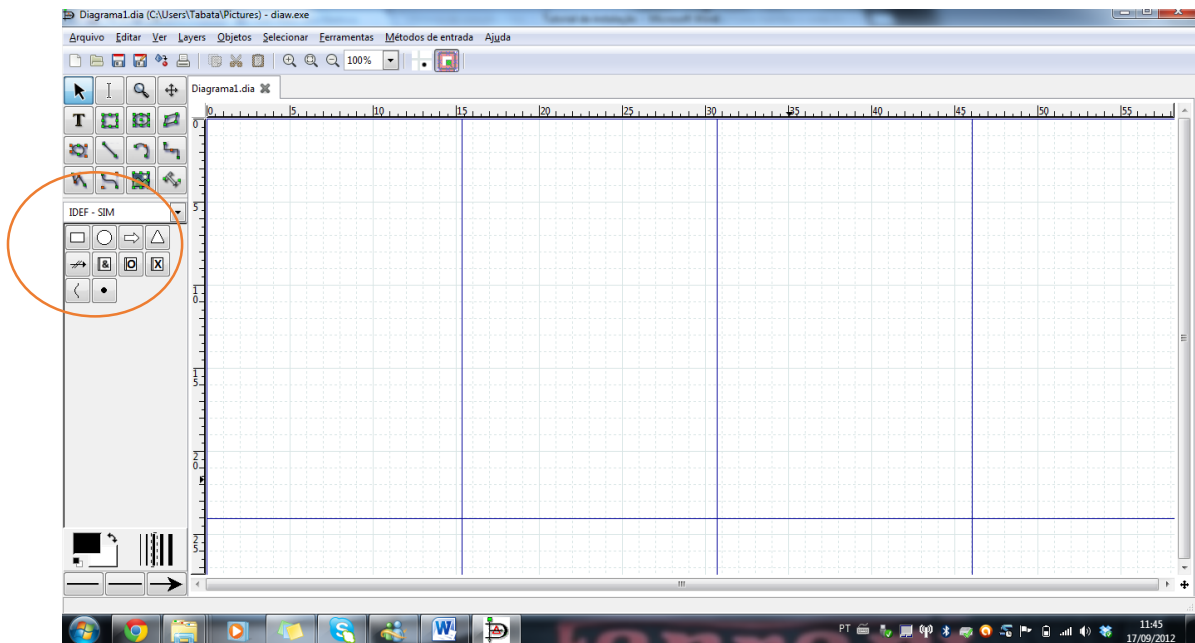
Para testar, selecione o atalho de abertura do DIA:



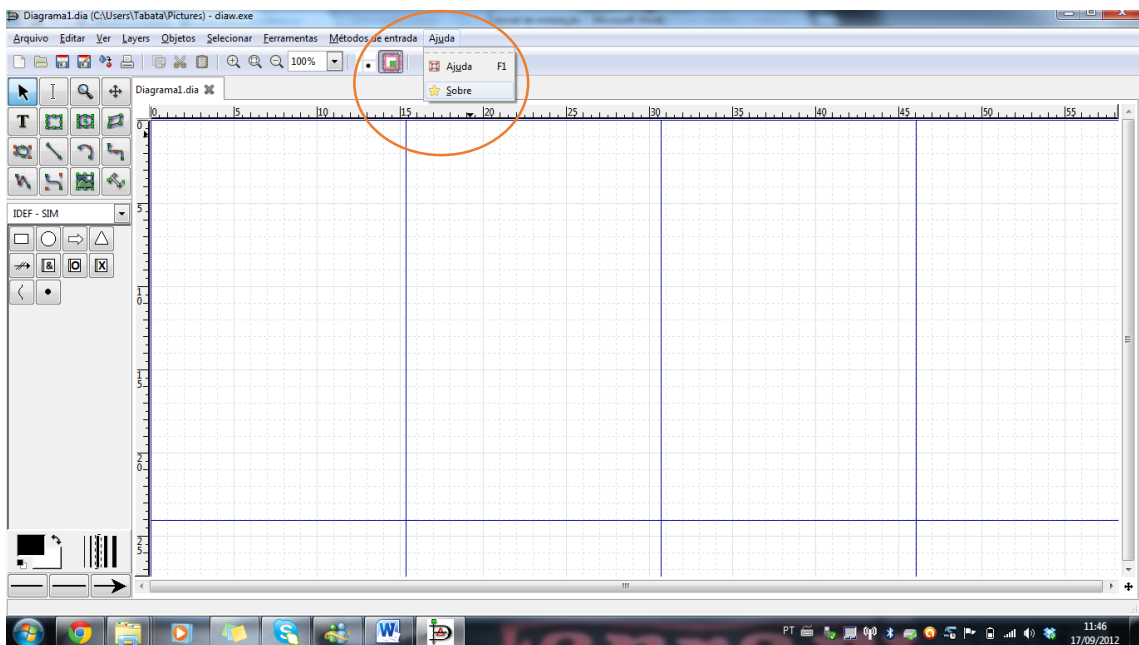
Em seguida o programa será carregado e aberto:



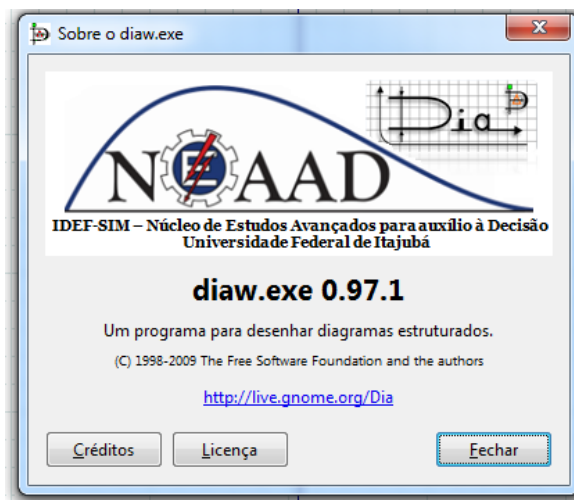
A biblioteca IDEF-SIM irá aparecer no quadro a esquerda do *software*:



Você poderá obter informações dos desenvolvedores da biblioteca IDEF-SIM no menu **Ajuda**, item **Sobre**:



Na seguinte tela:



Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio à Decisão
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão – UNFIEI

Contatos:

E-mail: neaadunifei@gmail.com

Telefone: (35) 3629-1683

ANEXO B – Comprovante de registro do aplicativo IDEF-SIM



Núcleo de Inovação Tecnológica
Pró reitoria de extensão
Universidade Federal de Itajubá

Declaração

Informo para os devidos fins, que no dia 13/11/2017 (segunda-feira), foi dado entrada no Núcleo de Inovação Tecnológica ao registro de software intitulado “Aplicativo IDEF-SIM” contendo como autores: Ana Paula Rennó da Costa, José Arnaldo Barra Montevechi e Tiago Henrique Melo.

Informo ainda que “Software” não possui estado da técnica, como consequência não possui anterioridade ou mesmo período de graça.

Itajubá, 13 de novembro de 2017

Taisa Corrêa

Coordenadora do Núcleo de Inovação Tecnológica