



Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Melhoria de processos de negócio: Sistematizando a identificação de oportunidades de
melhoria

Alexandre de Abreu Pinheiro e Souza

Orientadores:

Leonardo Guerreiro Azevedo

Flavia Maria Santoro

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

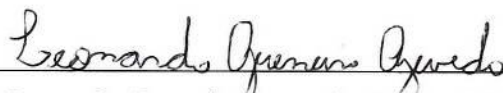
Setembro de 2013

Melhoria de processos de negócio: Sistematizando a identificação de oportunidades de melhoria

Alexandre de Abreu Pinheiro e Souza

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UNIRIO). APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA ABAIXO ASSINADA.

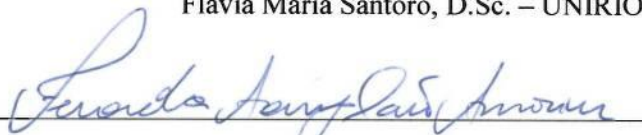
Aprovada por:



Leonardo Guerreiro Azevedo, D.Sc. – PPGI/UNIRIO e
IBM Research - Brasil



Flavia Maria Santoro, D.Sc. – UNIRIO



Fernanda Araujo Baião Amorim, D.Sc. – UNIRIO



Marcelo Fantinato, D.Sc. – USP-EACH

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Setembro de 2013

S729 Souza, Alexandre de Abreu Pinheiro e.
Melhoria de processos de negócio: sistematizando a identificação de oportunidades de melhoria / Alexandre de Abreu Pinheiro e Souza, 2013.
xi, 105 f. ; 30 cm

Orientador: Leonardo Guerreiro Azevedo.
Coorientadora: Flavia Maria Santoro.
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

1. Processo de negócio. 2. Gestão da informação. 3. Padrões de redesenho. 4. Heurísticas para melhoria de processos de negócio. 5. BPM. I. Azevedo, Leonardo Guerreiro. II. Santoro, Flavia Maria. III. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de Mestrado em Informática. IV. Título.

CDD - 005.5

Agradecimentos

A minha família e amigos por toda a amizade, suporte, incentivo e apoio recebido ao longo de todo o mestrado, fazendo com que eu conseguisse me manter focado.

Aos meus orientadores e amigos Leonardo Azevedo e Flávia Santoro, por toda a incrível dedicação durante todo o mestrado, paciência, atenção e amizade.

A todo o Corpo Docente e Administrativo do PPGI - UNIRIO, que me proporcionou este aprendizado com o apoio necessário. Em especial aos Professores Leonardo Azevedo, Flávia Santoro, Gleison Santos, Fernanda Baião, Renata Araujo, Mariano Pimentel e Asterio Tanaka, pelo aprendizado nas disciplinas e participações nas bancas dos seminários de acompanhamento discente.

Aos analistas pela disponibilidade e toda a boa vontade na participação do estudo de caso realizado neste trabalho.

A minha líder técnica e amiga Adriana Fernandez por ter permitido o horário flexível no trabalho que tornou possível a realização do mestrado.

Ao Hajo A. Reijers, autor dos padrões que são base para este trabalho, pelas suas contribuições e comentários dados ao longo do trabalho em conjunto na elaboração das heurísticas.

Ao meu amigo Guilherme Freitas, pela ajuda com as expressões matemáticas para elaboração das formalizações das heurísticas deste trabalho.

A minha amiga Bruna Diirr, pelo conselho de dividir os analistas em grupos para elaboração do estudo de caso.

A todos os participantes do projeto de pesquisa de aspectos, que fora do mestrado ajudaram também a me ensinar como fazer pesquisa, e a todos aqueles que puderam participar e contribuir de alguma forma, meu muito obrigado.

A CAPES pelo financiamento desta pesquisa.

SOUZA, Alexandre de Abreu Pinheiro. **MELHORIA DE PROCESSOS DE NEGÓCIO: SISTEMATIZANDO A IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA**. UNIRIO, 2013. 105 páginas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática Aplicada, UNIRIO.

RESUMO

Gestão de Processos de Negócio está cada vez mais presente nas organizações e a melhoria de processos é um de seus focos. Padrões para redesenho de processos têm motivado trabalhos que apresentam soluções para problemas recorrentes de melhoria de processos de negócio. Contudo, a identificação de oportunidades de melhoria para aplicação destes padrões não é uma tarefa simples, principalmente em cenários em que os modelos de processos são grandes e complexos, onde a análise manual dos processos é uma tarefa muito custosa.

Este trabalho apresenta a sistematização da identificação de oportunidades de melhoria para aplicação de determinados padrões de redesenho através de heurísticas. A aplicação das heurísticas emprega informações presentes nos modelos de processos, e também um método é adaptado para apoiar a execução das heurísticas.

Um estudo de caso envolvendo 16 analistas de processos e 24 processos de negócio foi aplicado para avaliação das heurísticas. Neste estudo, foi possível observar indícios da aplicabilidade da proposta para identificar as oportunidades de melhoria nos processos de negócio, pois as heurísticas foram capazes de identificar a maioria dos casos identificados manualmente pelos analistas, além de identificar algumas oportunidades de melhoria que passaram despercebidas pelos analistas.

Palavras-chave: Melhoria de processos de negócio, redesenho de processo, padrões de redesenho, identificação de oportunidades de melhoria de processos de negócio, BPM.

ABSTRACT

Business Process Management is increasingly present in organizations, and process improvement is one of its focuses. Patterns for process redesign have gathered the attention of some studies, which seek to provide solutions to recurring problems of business process improvement. However, the choice of these patterns is not an easy task, especially when performed in scenarios with large models and complex processes, which make the manual analysis a very costly task.

This work presents the systematization of improvement opportunities identification to apply specific patterns through heuristics. The heuristics application uses information that is present in the process models, and a method is also adapted to assist the heuristics application.

A case study involving 16 process analysts and 24 business processes was applied to evaluate the heuristics. In this study, we observed evidence of the applicability of heuristics to identify improvement opportunities in business processes, because the heuristics were able to identify most of the cases identified manually by the analysts, besides identifying some improvement opportunities that passed unnoticed by the analysts.

Keywords: Business process improvement, process redesign, redesign patterns, improvement opportunities identification, BPM

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Motivação e caracterização do problema.....	1
1.2 Objetivo e questão de pesquisa	2
1.3 Proposta de solução e metodologia adotada	3
1.4 Organização do Trabalho.....	4
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS BÁSICOS	5
2.1 Modelagem de processos de negócio.....	5
2.2 Petri Nets (DESEL, 2005).....	7
2.3 Melhoria de processos de negócio	8
2.4 Padrões de redesenho (redesign patterns).....	9
2.4.1 <i>Realocação de controle</i>	10
2.4.2 <i>Redução de contatos</i>	11
2.4.3 <i>Integração</i>	11
2.4.4 <i>Tipos de caso</i>	12
2.4.5 <i>Eliminação de atividades</i>	13
2.4.6 <i>Processamento baseado em casos</i>	13
2.4.7 <i>Triagem</i>	14
2.4.8 <i>Composição de atividades / Decomposição de atividades</i>	15
2.4.9 <i>Resequenciamento</i>	16
2.4.10 <i>Nocaute</i>	16
2.4.11 <i>Paralelismo</i>	17
2.4.12 <i>Exceção</i>	17
2.4.13 <i>Alocação de caso</i>	18
2.4.14 <i>Alocação flexível</i>	18
2.4.15 <i>Centralização</i>	19
2.4.16 <i>Dividir responsabilidades</i>	19
2.4.17 <i>Equipes do cliente</i>	20
2.4.18 <i>Envolvimento numérico</i>	21
2.4.19 <i>Gerenciador de caso</i>	21
2.4.20 <i>Recursos extras</i>	22
2.4.21 <i>Generalista-Especialista / Especialista-Generalista</i>	23
2.4.22 <i>Aumento de poder</i>	23
2.4.23 <i>Adição de controle</i>	24

2.4.24 Buffer.....	24
2.4.25 Automação de atividades.....	25
2.4.26 Tecnologia.....	26
2.4.27 Partido de confiança.....	27
2.4.28 Terceirização.....	27
2.4.29 Interface.....	27
2.5 Método utilizado como base na proposta.....	28
2.6 Resumo.....	31
CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS	32
3.1 Performing Business Process Redesign with Best Practices: An Evolutionary Approach.....	32
3.2 Development of a decision-making strategy to improve efficiency of BPR.....	33
3.3 The PrICE tool kit: Tool Support for Process Improvement	34
3.4 Pattern-based process optimizer (Patente US 2010/0114632 A1).....	36
CAPÍTULO 4 - SYSARP	39
4.1 Etapas do método.....	39
4.2 Modelo de alto-nível.....	42
4.3 Composição de atividades	43
4.3.1 Proposta 1: Empregar tempo de execução da atividade.....	43
4.3.2 Proposta 2: Verificação para unificar atividades.....	52
4.4 Aumento de poder	56
4.5 Resequenciamento	60
4.6 Resumo	70
CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO	71
5.1 Plano do estudo de caso	71
5.2 Execução e análise do estudo de caso.....	75
5.2.1 Composição de atividades (Grupo1).....	76
5.2.2 Aumento de poder e Resequenciamento (Grupo2)	81
5.3 Resumo	90

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....	91
6.1 Contribuições do trabalho.....	93
6.2 Limitações.....	93
6.3 Trabalhos futuros.....	93
6.4 Considerações finais.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXO 1 - EXPRESSÕES UTILIZADAS NAS FORMALIZAÇÕES.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Meta-modelo de negócio (MAGALHAES <i>et al.</i> , 2007).....	6
Figura 2 - Exemplo de Petri net.....	8
Figura 3 - Padrão Realocação de controle.....	11
Figura 4 - Padrão Redução de contatos.....	11
Figura 5 - Padrão Integração	11
Figura 6 - Impactos esperados (Realocação de controle, Redução de contatos, e Integração).....	12
Figura 7 - Padrão Tipos de caso.....	12
Figura 8 - Padrão Eliminação de atividades	13
Figura 9 - Padrão Processamento baseado em casos	13
Figura 10 - Impactos esperados (Tipos de caso, Eliminação de atividades, e Processamento baseado em casos).....	14
Figura 11 - Padrão Triagem	15
Figura 12 - Padrão Composição de atividades / Decomposição de atividades	15
Figura 13 - Impactos esperados (Triagem, e Composição de atividades/decomposição de atividades)	15
Figura 14 - Padrão Resequenciamento	16
Figura 15 - Padrão Nocaute.....	17
Figura 16 - Padrão Paralelismo	17
Figura 17 - Impactos esperados (Resequenciamento, Paralelismo, Nocaute, e Exceção)...	18
Figura 18 - Padrão Alocação de caso	18
Figura 19 - Padrão Alocação flexível	19
Figura 20 - Padrão Centralização.....	19
Figura 21 - Padrão Dividir responsabilidades.....	20
Figura 22 - Impactos esperados (Alocação de caso, Alocação flexível, Centralização, e Dividir responsabilidades)	20
Figura 23 - Padrão Equipes do cliente.....	21
Figura 24 - Padrão Envolvimento numérico.....	21
Figura 25 - Padrão Gerenciador de caso.....	22
Figura 26 - Impactos esperados (Equipes do cliente, Envolvimento numérico, e Gerenciador de caso).....	22
Figura 27 - Padrão Recursos extras.....	23
Figura 28 - Padrão Generalista-Especialista / Especialista-Generalista	23

Figura 29 - Padrão Aumento de poder	23
Figura 30 - Impactos esperados (Recursos extras, Generalista-especialista/Especialista-generalista, e Aumento de poder).....	24
Figura 31 - Padrão Adição de controle	24
Figura 32 - Padrão Buffer.....	25
Figura 33 - Impactos esperados (Adição de controle, e Buffer).....	25
Figura 34 - Padrão Automação de atividades.....	26
Figura 35 - Padrão Tecnologia	26
Figura 36 - Impactos esperados (Automação de atividades, e Tecnologia).....	26
Figura 37 - Padrão Terceirização.....	27
Figura 38 - Padrão Interface	27
Figura 39 - Impactos esperados (Partido de confiança, Terceirização, e Interface)	28
Figura 40 - Método para suporte à decisão automatizada (VAN PUTTEN <i>et al.</i> 2011).....	29
Figura 41 - Exemplo de aplicação do método para suporte à decisão automatizada (traduzido de VAN PUTTEN <i>et al.</i> 2011).....	30
Figura 42 - Arquitetura ProM.....	34
Figura 43 - Método proposto (adaptado de VAN PUTTEN <i>et al.</i> , 2011)	41
Figura 44 - Modelo de alto-nível	42
Figura 45 - Troca de executor com escolha exclusiva.....	58
Figura 46 - Troca de executor com escolha múltipla.....	58
Figura 47 - Processo utilizado como exemplo para Aumento de poder.....	59
Figura 48 - Processo utilizado como exemplo para Resequenciamento (postergar atividades).62	
Figura 49 - Processo utilizado como exemplo para Resequenciamento (atividades similares) .65	
Figura 50 - Resultados da heurística 1 do padrão Composição de atividades.....	77
Figura 51 - Resultados da heurística 2 do padrão Composição de atividades.....	78
Figura 52 - Resultados da heurística do padrão Aumento de poder.....	83
Figura 53 - Exemplo de aprovação com possível “erro de modelagem”.....	84
Figura 54 - Exemplo contendo a limitação da heurística de Aumento de poder.....	84
Figura 55 - Resultados da heurística de postergar atividades do padrão Resequenciamento.....	86
Figura 56 - Exemplo contendo a limitação da heurística de identificação de atividades que podem ser postergadas	87
Figura 57 - Resultados da heurística de atividades similares do padrão Resequenciamento	88

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Motivação e caracterização do problema

Processo de negócio consiste em atividades coordenadas a fim de atingir um determinado objetivo. Através da execução de processos de negócio, as organizações realizam seus propósitos (WESKE, 2012; THOM *et al.*, 2007).

A modelagem de processos de negócio consiste em um conjunto de práticas e metodologias que as empresas utilizam para representar visualmente os aspectos de um processo de negócio (ERIKSSON e PENKER 2000). Um modelo é um recurso que as empresas utilizam para documentar, simular, compartilhar, implementar, avaliar e continuamente melhorar suas operações (JOSUTTIS, 2007).

HAMMER (1990) e DAVENPORT e SHORT (1990) foram os primeiros a discutirem uma forma sistemática para melhoria de processos de negócio. De acordo com FORSTER (2006), melhoria de processos de negócio é uma abordagem sistemática que ajuda as organizações a atingir mudanças significativas na forma como fazem negócio.

REIJERS e MANSAR (2005) apresentam uma abordagem para melhoria de processos baseada em padrões (boa prática) de redesenho de processos. Os autores afirmam que, durante anos, boas práticas foram coletadas para melhoria de processos. Uma boa prática pode ser expressa como um padrão, que descreve uma forma de tratar um problema particular, que pode ser aplicado a situações similares. Eles propõem então que, assumindo certos objetivos relacionados às perspectivas de tempo, qualidade,

custo e flexibilidade, um analista pode utilizar a lista de padrões por eles proposta para avaliar e melhorar um processo existente.

No entanto, POURSHAHID *et al.* (2010) apontam que a escolha destes padrões é muito custosa, uma vez que é necessário analisar todo o processo de negócio para identificar quais padrões deveriam ser aplicados em cada um dos fragmentos do processo. Dessa forma, a seleção dos padrões apropriados para uma situação atual do processo de negócio é um desafio. Em um cenário onde existem processos de negócio grandes e complexos, o que é comum em organizações de médio e grande porte (ROSEMANN, 2006), a identificação de oportunidades de melhoria se torna ainda mais difícil devido ao número de elementos afetados e à complexidade embutida. Desta forma, é necessária uma sistemática para a identificação de oportunidades de melhoria no processo, de forma a facilitar o trabalho do analista, no que diz respeito ao custo apontado conforme POURSHAHID *et al.* (2010).

Uma vez que analistas não muito experientes podem desenvolver a tarefa de melhoria de processos de negócio, ter uma sistematização para identificação de oportunidades de melhoria é importante. Isto auxilia os analistas fornecendo de forma clara o que deve ser buscado no processo como um ponto potencial para realizar uma melhoria no processo.

Os modelos de processos contêm muitas informações (entradas e saídas, executores, sistemas, dependências entre as atividades etc.) que podem ser utilizadas para auxiliar na identificação de oportunidades de melhoria.

1.2 Objetivo e questão de pesquisa

NETJES *et al.* (2009), MANSAR *et al.* (2009), NETJES *et al.* (2010), e AGRAHARI *et al.* (2010) propuseram métodos para selecionar os padrões mais indicados a serem aplicados em determinado processo de negócio, contudo não indicam em que parte do

processo cada padrão poderia ser aplicado. Estes trabalhos utilizam métricas que identificam quais seriam os padrões mais indicados a serem aplicados, e fica a cargo do analista de processo identificar os pontos dentro do processo onde estes padrões poderiam ser aplicados.

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de heurísticas capaz de apoiar a identificação de oportunidades de melhoria em um processo de negócio, indicando em quais partes do processo poderiam ser aplicados determinados padrões de redesenho de processos fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005).

A questão abordada neste trabalho é: “É possível indicar, de forma sistemática e confiável, potenciais partes do processo para aplicação de determinados padrões de redesenho para melhoria de processos de negócio?”.

Conforme apresentado por POURSHAHID *et al.* (2010), o custo de identificação de oportunidades de melhoria é alta no que diz respeito ao tempo gasto nesta tarefa, sendo motivação para a sistematização da identificação de oportunidades de melhoria. Contudo, este trabalho foca em demonstrar que a sistematização atinge resultados confiáveis, ao invés de focar no tempo economizado com a sistematização da identificação das oportunidades de melhoria.

1.3 Proposta de solução e metodologia adotada

Foi elaborado um conjunto de heurísticas para identificação das oportunidades de melhoria, ou seja, partes do processo onde determinados padrões poderiam ser aplicados. Além disso, o método de suporte à tomada de decisão de VAN PUTTEN *et al.* (2011) foi adaptado para apoiar a aplicação das heurísticas.

As heurísticas foram avaliadas através de um estudo de caso envolvendo 16 analistas e 24 processos de negócio, de forma a comparar a identificação manual de oportunidades de melhoria pelos analistas, com o resultado das heurísticas.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em capítulos da seguinte forma:

O Capítulo 1 é a presente introdução.

No Capítulo 2, são apresentados os principais conceitos para este trabalho, tais como, modelagem de processos de negócio, Petri Nets, melhoria de processos, os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005), e o trabalho de suporte a tomada de decisão proposto por VAN PUTTEN *et al.* (2011) utilizado como base neste trabalho.

No Capítulo 3, são apresentados os trabalhos relacionados.

No Capítulo 4, são apresentadas as heurísticas detalhadas com suas formalizações e exemplo, e o método adaptado de VAN PUTTEN *et al.* (2011) para auxiliar na aplicação das heurísticas.

No Capítulo 5, é apresentado o estudo de caso realizado.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as conclusões, limitações e oportunidades de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – CONCEITOS BÁSICOS

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos para este trabalho.

Primeiramente é apresentado o que é modelagem de processos de negócio, e em seguida é apresentada a notação redes de Petri utilizada como base para as formalizações das heurísticas apresentadas neste trabalho.

A partir daí, o assunto melhoria de processos é introduzido e em seguida são apresentados os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005). A proposta deste trabalho utiliza como base alguns destes padrões de redesenho.

Por fim, o método de suporte à tomada de decisão proposto por VAN PUTTEN et al. (2011) é apresentado. O método foi adaptado para auxiliar na aplicação das heurísticas propostas nesta dissertação.

2.1 Modelagem de processos de negócio

Processo de negócio consiste em atividades coordenadas a fim de atingir um determinado objetivo. Portanto, é através da execução de processos de negócio que as organizações realizam seus propósitos (WESKE, 2012; THOM et al., 2007).

A modelagem de processos de negócio consiste em um conjunto de práticas e metodologias que as empresas utilizam para representar visualmente todos os aspectos de um processo de negócio. Um modelo é um recurso que as empresas utilizam para documentar, simular, compartilhar, implementar, avaliar e continuamente melhorar suas operações.

A modelagem de processos de negócio visa registrar informações do negócio em modelos. Ao se analisar um modelo de processo de negócio, é possível acessar informações que respondem a questões relacionadas ao negócio (Onde? Quando? Quem? Por quê? O que? e Como?) a partir de um dado contexto. A Figura 1 ilustra os possíveis produtos da modelagem de processos.

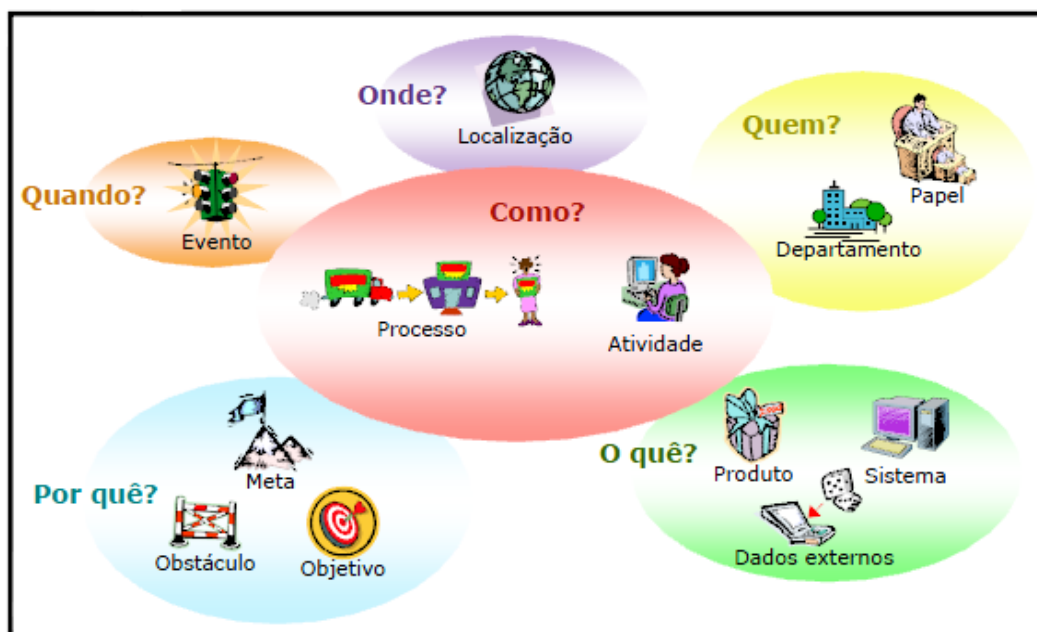


Figura 1 – Meta-modelo de negócio (MAGALHAES *et al.*, 2007)

Dessa forma, um modelo de processos de negócio pode descrever detalhadamente um determinado processo de negócio, contendo informações tais como fluxo de atividades, papéis executores, regras de negócio, portadores de informação, entradas e saídas, e diversas outras informações relevantes ao processo.

Diversas notações vem sendo usadas para elaboração de modelos de processos. Entre elas a redes de petri é utilizada quando deseja ter uma representação precisa e formalizada dos processos de negócio (DESEL, 2005). A seguir serão apresentados os conceitos básicos e elementos presentes na notação redes de petri.

2.2 Redes de Petri (DESEL, 2005)

Redes de Petri (ou Petri nets) são modelos que permitem representação ilustrativa e precisa, simulação, análise de informações e controle de fluxo de componentes simultâneos e fenômenos de sincronização.

A tese de Doutorado de Carl-Adam Petri, publicada em 1962, foi a base do que mais tarde foi chamado de Petri net. Desde então, diversas variantes de classes de Petri net foram estabelecidas. A popularidade geral da Petri net na ciência e na prática é devido a linguagem simples e matemática, a representação gráfica uniforme, e a semântica formal, que é um pré-requisito para os métodos de simulação e análise. Extensões do modelo Petri net original permitem expressar fenômenos específicos de diversas áreas de aplicação.

A distinção entre Petri net como uma linguagem visual, como uma teoria matemática, e como uma linguagem formal é importante quando comparada ou combinada com outras abordagens. Considerando Petri net como uma linguagem de modelagem, ela é vista como uma linguagem visual. Quando a Petri net é utilizada como uma semântica para outra linguagem, então a teoria matemática da Petri net é utilizada. Aplicações computacionais precisam de uma representação em Petri net para aplicar técnicas de simulação e análise. Assim, a Petri net é uma linguagem formal na área de simulação e análise.

Petri net é um grafo direcionado com dois tipos diferentes de nós: posições, representadas por círculos (ou elipses), e transições por retângulos (ou barras). Petri nets são bipartidas, ou seja, nenhuma linha conecta duas posições ou duas transições. Além disso, posições, transições e linhas podem conter diversas anotações. A Figura 2 apresenta um exemplo de uma Petri Net.

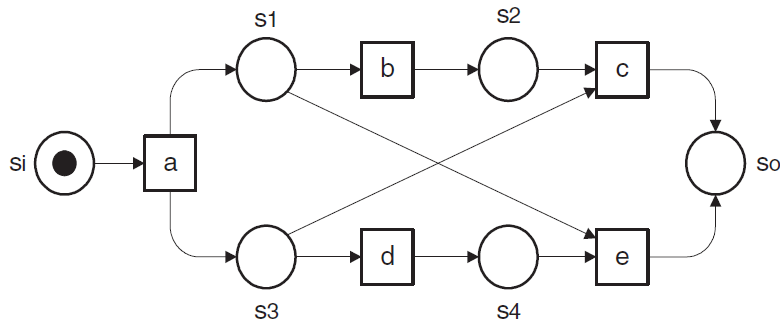


Figura 2 - Exemplo de Petri net

Matematicamente, a Petri net é composta por dois conjuntos de nós (posições e transições) e uma relação binária representando os relacionamentos (linhas) entre as posições e transições. Então uma definição matemática típica é: Uma Petri net consiste em dois conjuntos disjuntos S (posições) e T (transições) e uma relação binária $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$ (relação de fluxo). A letra S para posições é usada devido ao seu nome original em alemão “Stelle”.

No exemplo da imagem acima, temos:

$$S = \{s_i, s_1, s_2, s_3, s_4, s_o\}$$

$$T = \{a, b, c, d, e\}$$

$$F = \{(s_i, a), (s_1, b), (s_1, e), (s_2, c), (s_3, c), (s_3, d), (s_4, e), (a, s_1), (a, s_3), (b, s_2), (c, s_o), (d, s_4), (e, s_o)\}$$

Além disso, geralmente a Petri net também possui uma marcação (também conhecida como token), e normalmente a definição de Petri net inclui uma marcação inicial, representada visualmente pela bola preta na posição inicial do grafo. Essa marcação inicial é definida como m_0 .

2.3 Melhoria de processos de negócio

HAMMER (1990), e DAVENPORT e SHORT (1990) foram os primeiros a discutirem uma forma sistemática para melhoria de processos de negócio. De acordo com

FORSTER (2006), melhoria de processos de negócio é uma abordagem sistemática que ajuda as organizações a atingir mudanças significativas na forma como fazem negócio. De acordo com o survey do Gartner, as companhias consideram a melhoria de processos como uma das suas maiores prioridades (GARTNER, 2009).

Muitas abordagens e métodos são usados na prática, contudo muitas delas não abordam de forma concreta o redesenho do processo. No final, não fica claro como as alternativas de processo, os chamados processos “to-be”, foram derivados dos processos correntes ou “as-is” (NETJES, 2010).

REIJERS e MANSAR (2005) propõem uma abordagem para melhoria de processos baseada em padrões (boas práticas) de redesenho de processos que aponta de forma clara como criar as alternativas de processo, ou seja, como ir do as-is para o to-be. REIJERS e MANSAR (2005) afirmam que, durante anos, boas práticas foram coletadas para melhoria de processos. As boas práticas foram expressas como padrões de redesenho de processos, que descrevem uma forma de tratar um problema particular, que pode ser aplicado a situações similares.

Este trabalho foca no uso destes padrões de redesenho (*redesign patterns*) como uma abordagem para melhoria de processos de negócio. Foram utilizados como base os padrões apresentados por REIJERS e MANSAR (2005), que são detalhados na próxima seção.

2.4 Padrões de redesenho (redesign patterns)

REIJERS e MANSAR (2005) fornecem um survey com 29 padrões apresentando suas características e o impacto que cada um causa no processo de acordo com as perspectivas tempo, custo, qualidade e flexibilidade.

A perspectiva tempo diz respeito ao tempo gasto para se levar um caso (instância do processo) do início ao fim. Existem muitas formas de abordar esta

perspectiva, como por exemplo, tentar diminuir o tempo médio gasto no processo ou o tempo máximo de cada caso, ou até mesmo a variação do tempo entre os casos.

A perspectiva custo está relacionada à questão financeira. É muito comum que o foco de melhoria seja em reduzir custos operacionais, particularmente em custos de recursos humanos. Automação é comumente vista como uma alternativa, contudo outros custos estão envolvidos, como por exemplo, o custo de desenvolvimento e manutenção da aplicação.

A perspectiva de qualidade está associada à qualidade interna e externa. A qualidade externa é a satisfação do cliente em relação ao produto e ao processo. A qualidade interna está ligada a condições de trabalho e controle do trabalho. Uma característica interessante é que há relação direta entre a qualidade e as outras perspectivas.

A perspectiva de flexibilidade pode ser definida como a habilidade de reagir a mudanças, como por exemplo, diferentes recursos executarem diferentes tarefas, gerenciamento de mudanças na estrutura do processo e alocação de recursos, e mudanças na estrutura e responsabilidade dos processos para atingir necessidades do mercado e dos parceiros de negócio.

Assim REIJERS e MANSAR (2005) propõem que, assumindo certos objetivos, relacionados às perspectivas, um analista pode utilizar a lista fornecida de padrões para avaliar e melhorar um processo existente. A seguir é apresentado cada um dos padrões.

2.4.1 Realocação de controle

Propõe realizar os pontos de controle em conjunto com o cliente. No exemplo abaixo, é proposto que a atividade, onde é executado algum controle, seja realizada em conjunto com o cliente.

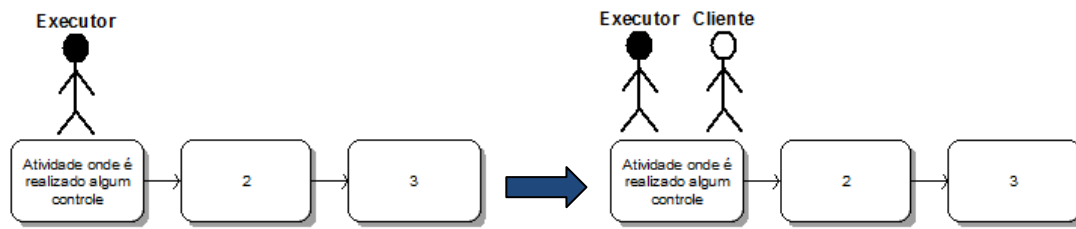


Figura 3 - Padrão Realocação de controle

2.4.2 Redução de contatos

Propõe reduzir o número de contatos com clientes e terceiros. No exemplo abaixo, alguns contatos com clientes e terceiros foram removidos.

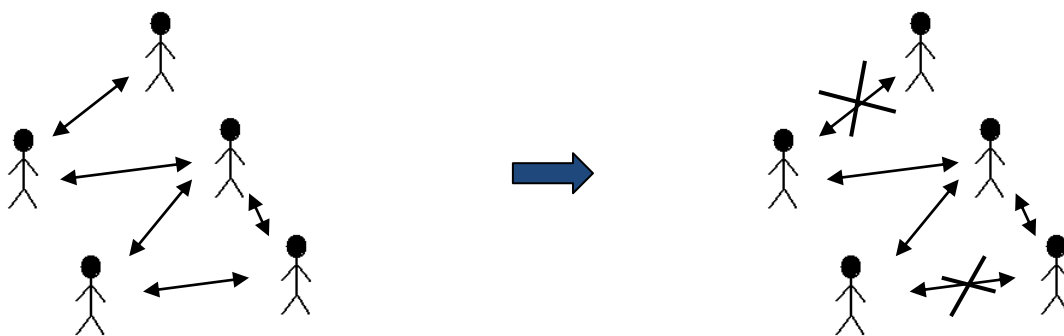


Figura 4 - Padrão Redução de contatos

2.4.3 Integração

Propõe integrar o processo de negócio com o processo de um cliente ou fornecedor. No exemplo abaixo, o processo que não tinha integração com o processo do cliente ou fornecedor, passou a ter.

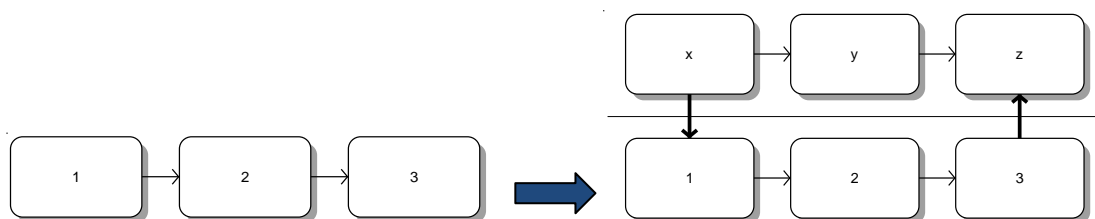


Figura 5 - Padrão Integração

Na Figura 6 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Realocação de controle”, “Redução de contatos” e “Integração”. O que estiver dentro do limite do losango cinza representa uma piora na perspectiva em questão, enquanto o que estiver fora do limite

do losango cinza representa uma melhora na perspectiva em questão. Aqueles que coincidirem com o limite do losango cinza representa que não há impacto esperado nesta perspectiva.

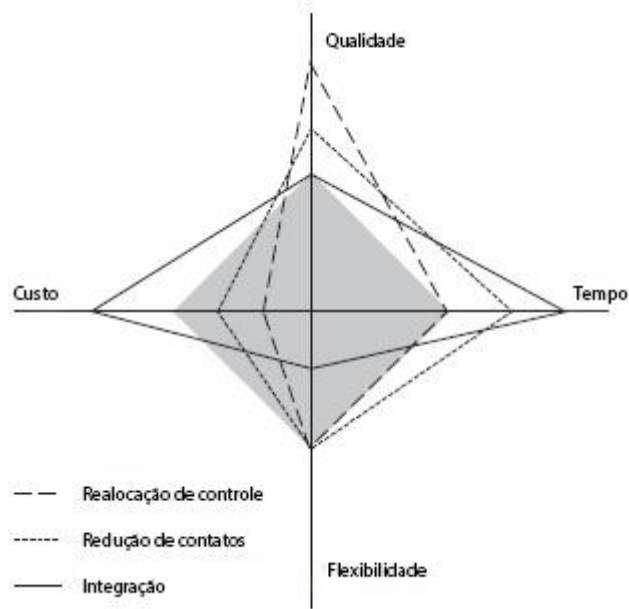


Figura 6 - Impactos esperados (Realocação de controle, Redução de contatos, e Integração) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.4 Tipos de caso

Propõe determinar se atividades estão relacionadas a um mesmo tipo de caso, e se necessário distinguir novos processos de negócio e tipos de produtos. No exemplo abaixo, o processo foi distinguido em diferentes processos específicos para cada tipo de caso.

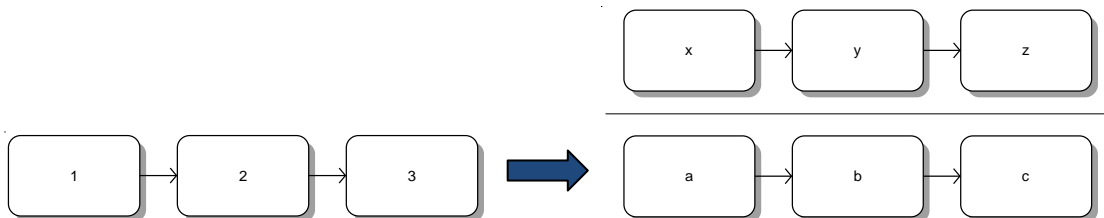


Figura 7 - Padrão Tipos de caso

2.4.5 Eliminação de atividades

Propõe eliminar atividades desnecessárias no processo. No exemplo abaixo, uma atividade foi eliminada por ser considerada desnecessária.

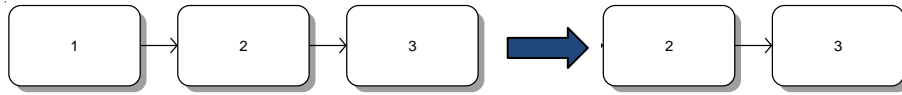


Figura 8 - Padrão Eliminação de atividades

2.4.6 Processamento baseado em casos

Propõe remover do processo o processamento em lotes. Este cenário refere-se ao empilhamento de itens de trabalho para serem processados em lote posteriormente. No exemplo abaixo, foi realizada a execução da atividade "2" para cada caso após a execução da atividade "1", ao invés de executar a atividade "2" considerando o agrupamento dos resultados (em lote) de execução de vários casos da atividade "1".

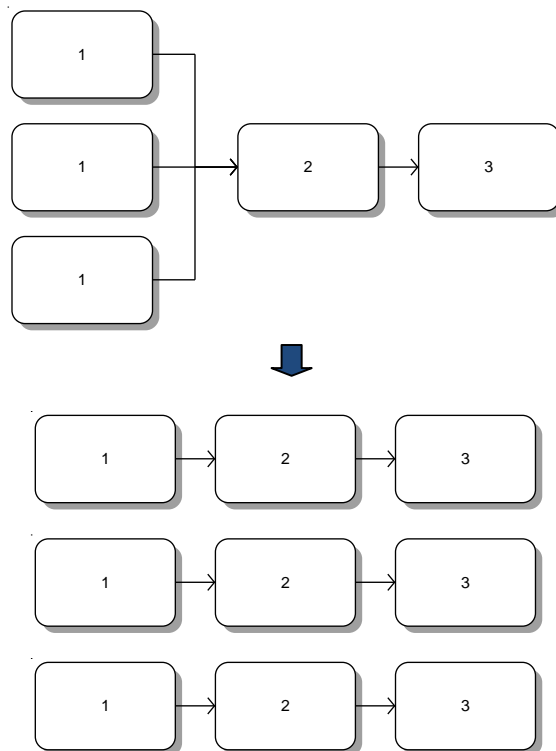


Figura 9 - Padrão Processamento baseado em casos

Na Figura 10 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Tipos de caso”, “Eliminação de atividades” e “Processamento baseado em casos”.

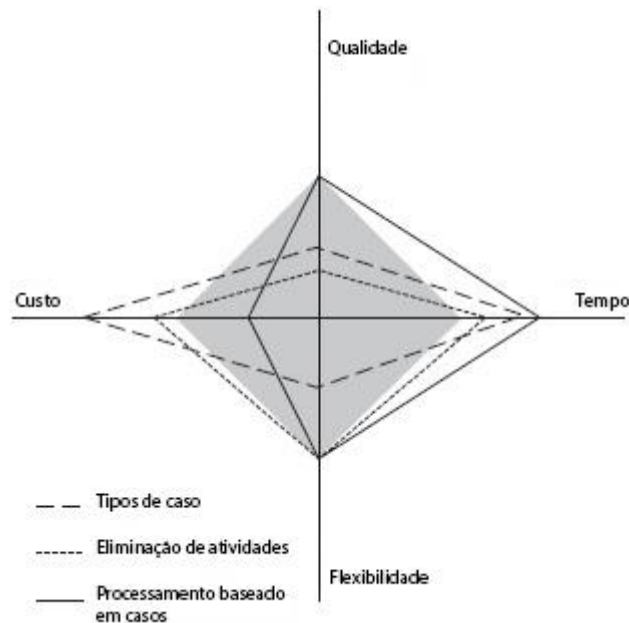


Figura 10 - Impactos esperados (Tipos de caso, Eliminação de atividades, e Processamento baseado em casos) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.7 Triagem

Propõe considerar a divisão de uma atividade geral em duas ou mais alternativas. A aplicação desta boa prática tem como objetivo desenhar atividades que estejam melhor alinhadas de acordo com as capacidades dos recursos e características de um caso. Esta boa prática de certa forma é similar ao padrão Tipos de caso. A interpretação do padrão Tipos de caso pode ser vista como uma tradução da boa prática Triagem num nível de processo. No exemplo abaixo, a atividade 1 foi dividida em 2 atividades alternativas.

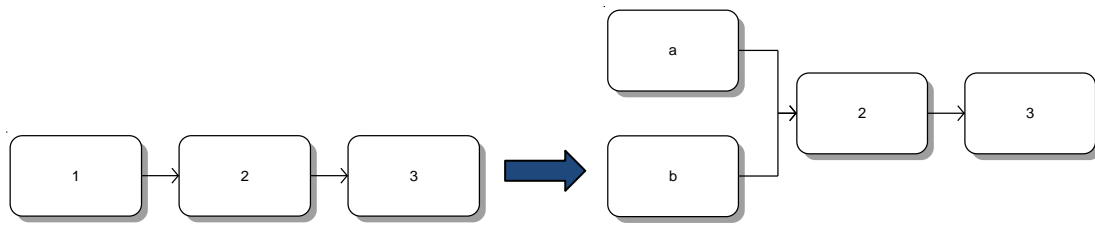


Figura 11 - Padrão Triagem

2.4.8 Composição de atividades / Decomposição de atividades

Propõe combinar atividades finas (atividades que consistem em poucos procedimentos) em uma única atividade, ou dividir atividades grossas (atividades que consistem em muitos procedimentos) em atividades finas. No exemplo abaixo, é proposta a combinação das atividades "1" e "2" em uma única atividade "1+2". Ou vice-versa.

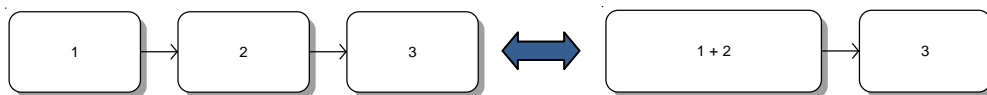


Figura 12 - Padrão Composição de atividades / Decomposição de atividades

Na Figura 13 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Triagem” e “Composição de atividades/decomposição de atividades”.

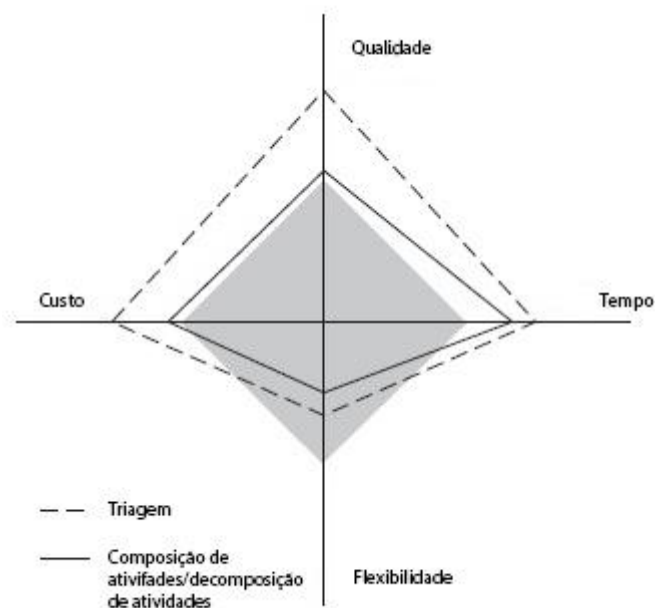


Figura 13 - Impactos esperados (Triagem, e Composição de atividades/decomposição de atividades) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.9 Resequenciamento

Propõe movimentar atividades para os lugares mais apropriados no modelo de processos. Em um processo de negócio, a ordenação de atividades podem não refletir a dependência necessária entre aquelas atividades. A atividade pode ser movida para a proximidade de atividades similares. No exemplo abaixo, a ordem das atividades foi alterada e atividade “3” passou a ser a primeira atividade.

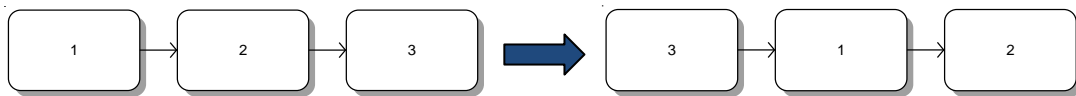
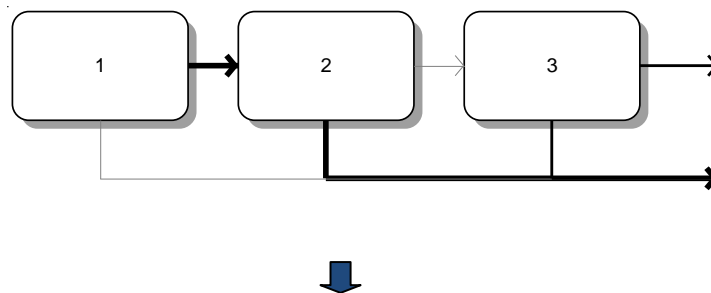


Figura 14 - Padrão Resequenciamento

2.4.10 Nocaute

Propõe ordenar as atividades em ordem decrescente de probabilidade de término. Uma parte do processo está verificando diversas condições que precisam ser satisfeitas para se chegar a um resultado final positivo. Qualquer condição que não seja satisfeita leva ao término desta parte do processo. Se há liberdade para escolha da ordem destas verificações, as verificações com maior probabilidade de não serem satisfeitas devem ser realizadas em primeiro lugar para evitar esforço executando verificações com menor probabilidade. No exemplo abaixo, onde a espessura da linha significa a proporção de casos que seguem por este caminho, as atividades foram ordenadas de forma decrescente em probabilidade de término das verificações.



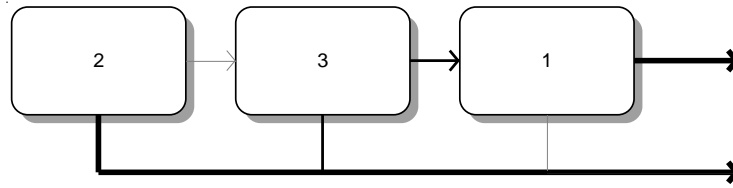


Figura 15 - Padrão Nocaute

2.4.11 Paralelismo

Propõe considerar que atividades sequenciais sejam executadas em paralelo. No exemplo abaixo, é proposto que as atividades sequenciais "1", "2" e "3" passem a ser executadas em paralelo.

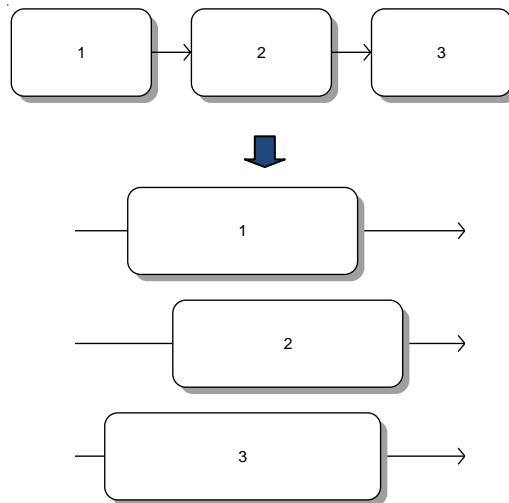


Figura 16 - Padrão Paralelismo

2.4.12 Exceção

Propõe desenhar o processo considerando os casos típicos e isolando os casos excepcionais do fluxo normal. Entre outros casos, este padrão pode ser visto também como um caso específico da melhor prática Triagem, porém considerando apenas as exceções. Um exemplo é: Qualquer tratamento que seja uma exceção, seria retirado do fluxo principal e colocado como tratamento a parte.

Na Figura 17 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Resequenciamento”, “Paralelismo”, “Nocaute” e “Exceção”.

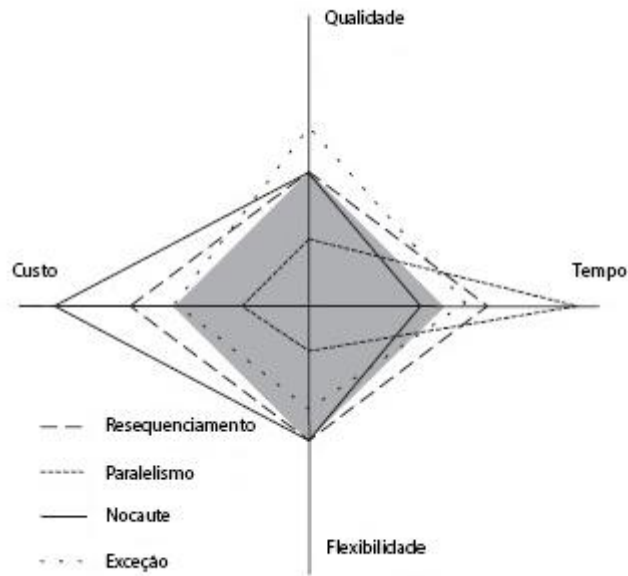


Figura 17 - Impactos esperados (Resequenciamento, Paralelismo, Nocaute, e Exceção) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.13 Alocação de caso

Propõe fazer com que os mesmos trabalhadores executem a maioria das etapas de um mesmo caso, ou seja, mesma instância do processo. Isto significa que uma atividade deveria ser executada por uma mesma pessoa que já trabalhou neste caso anteriormente. No exemplo abaixo, a atividade "2" passou a ser executada por uma pessoa que já tinha trabalhado no caso antes.

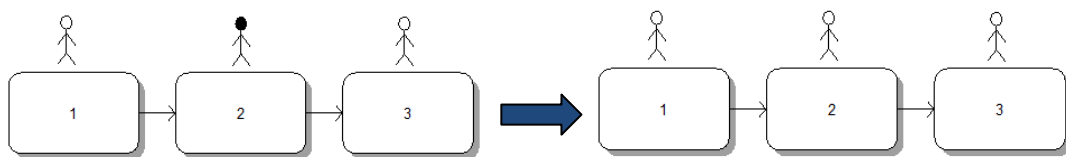


Figura 18 - Padrão Alocação de caso

2.4.14 Alocação flexível

Propõe alocar recursos de uma forma a maximizar a flexibilidade para um futuro próximo. Por exemplo, se um trabalho pode ser executado por 2 recursos disponíveis, aloque o recurso mais especializado. Desta forma, a disponibilidade de um recurso mais

genérico para uma possível próxima tarefa é maximizada. No exemplo abaixo, em uma determinada instância do processo, onde 2 recursos são capazes de executar as atividades, o recurso especialista foi designado para realização da tarefa.

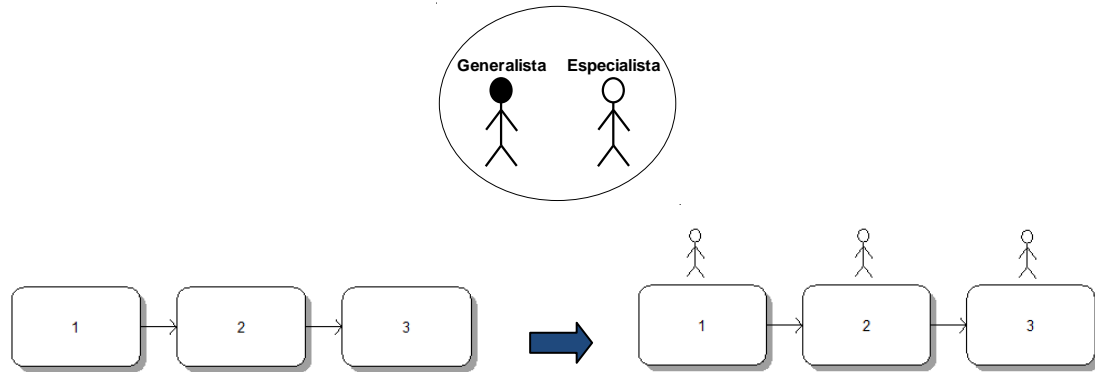


Figura 19 - Padrão Alocação flexível

2.4.15 Centralização

Propõe tratar os recursos geograficamente dispersos como se estivessem centralizados. Esse padrão é especificamente direcionado a explorar os benefícios do uso de um sistema gerenciador de workflow. Quando o sistema gerenciador de workflow cuida da alocação de trabalho aos recursos, fica menos relevante onde esses recursos estão alocados geograficamente. No exemplo abaixo, recursos que estão alocados geograficamente dispersos, estão sendo tratados como se estivessem centralizados.

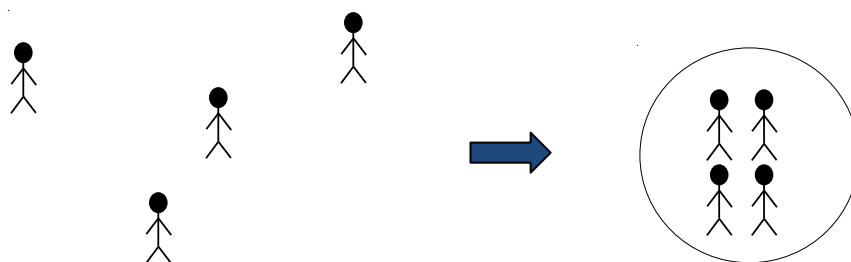


Figura 20 - Padrão Centralização

2.4.16 Dividir responsabilidades

Propõe evitar a atribuição de responsabilidades em uma mesma atividade a pessoas de diferentes departamentos. A ideia por trás deste padrão é que atividades sobre as quais diferentes departamentos compartilham responsabilidades costumam ser fonte de

negligência e conflitos. No exemplo abaixo, é proposto que a atividade "1" seja executada por apenas uma pessoa de um departamento, ao invés de duas de departamentos diferentes.

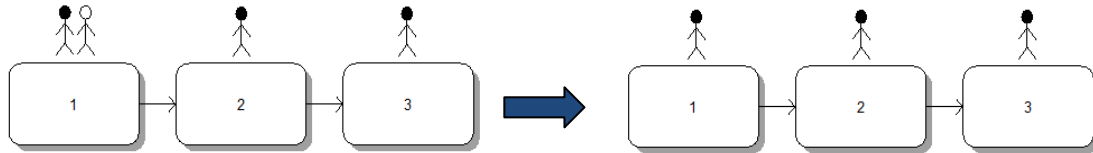


Figura 21 - Padrão Dividir responsabilidades

Na Figura 22 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Alocação de caso”, “Alocação flexível”, “Centralização” e “Dividir responsabilidades”.

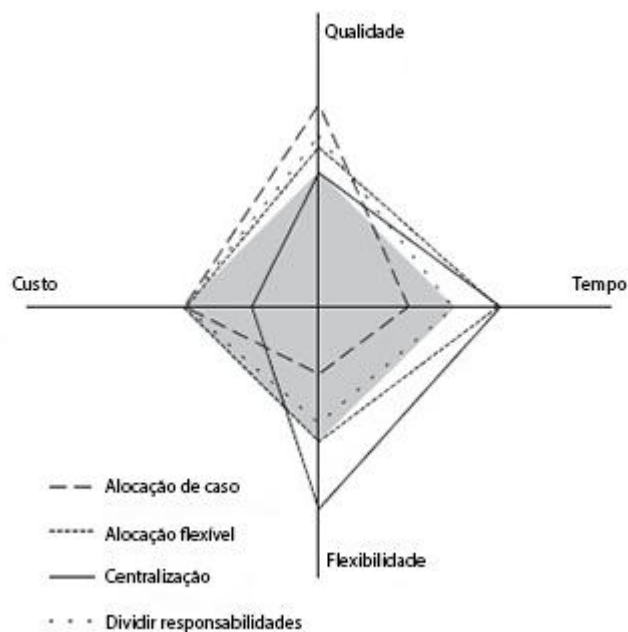


Figura 22 - Impactos esperados (Alocação de caso, Alocação flexível, Centralização, e Dividir responsabilidades) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.17 Equipes do cliente

Propõe considerar compor as equipes com diferentes trabalhadores de diferentes departamentos que serão responsáveis por determinados tipos de casos específicos. Esta boa prática é uma variação do padrão Alocação de caso num nível de processo. No

exemplo abaixo, foi composta uma equipe para cuidar de determinado caso, onde esta equipe será responsável por todo o processo envolvendo este caso.

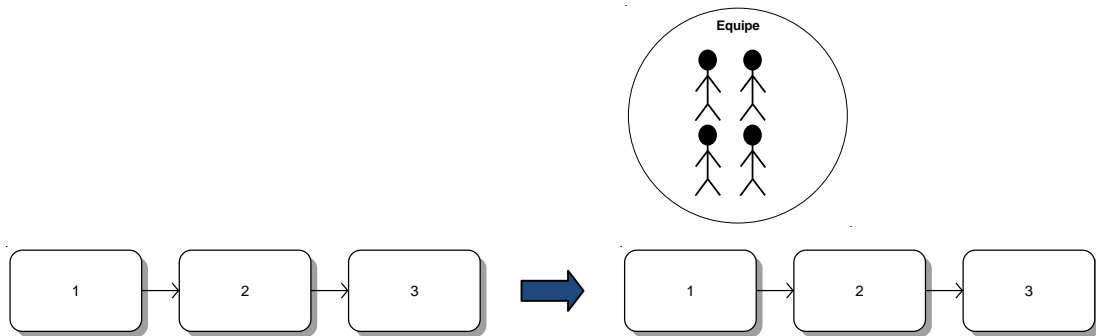


Figura 23 - Padrão Equipes do cliente

2.4.18 Envolvimento numérico

Propõe minimizar o número de departamentos envolvidos no processo. Este padrão pode ser visto como uma variação do padrão Dividir responsabilidades, porém num nível de processo. No exemplo abaixo, havia quatro departamentos envolvidos num processo, passaram a ter apenas dois departamentos.

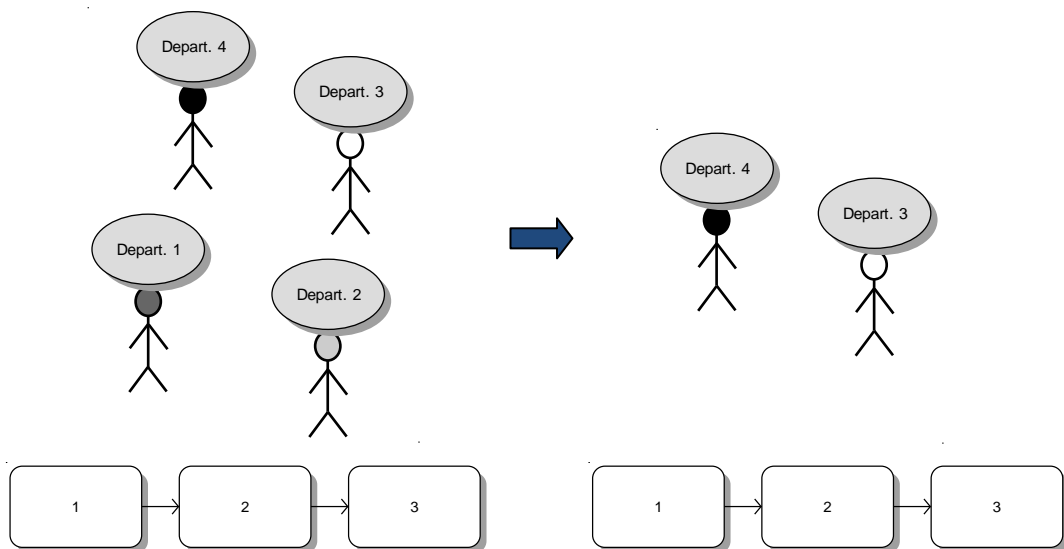


Figura 24 - Padrão Envolvimento numérico

2.4.19 Gerenciador de caso

Propõe fazer uma pessoa responsável por caso. Uma pessoa é responsável pelo caso, mas não necessariamente ela será a única pessoa que trabalhará neste caso. A diferença deste padrão para o “Alocação de caso” é que está focado no gerenciamento do

processo e não na execução. No exemplo abaixo, é designada uma pessoa para gerenciar toda a instância de um processo.

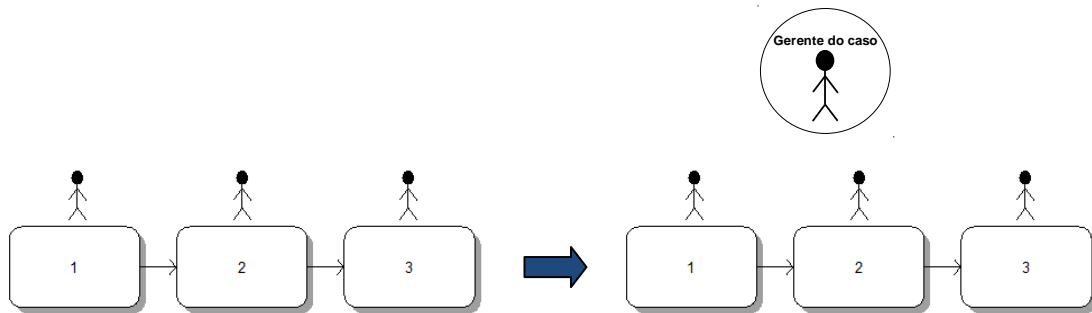


Figura 25 - Padrão Gerenciador de caso

Na Figura 26 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Equipes do cliente”, “Envolvimento numérico” e “Gerenciador de casos”.

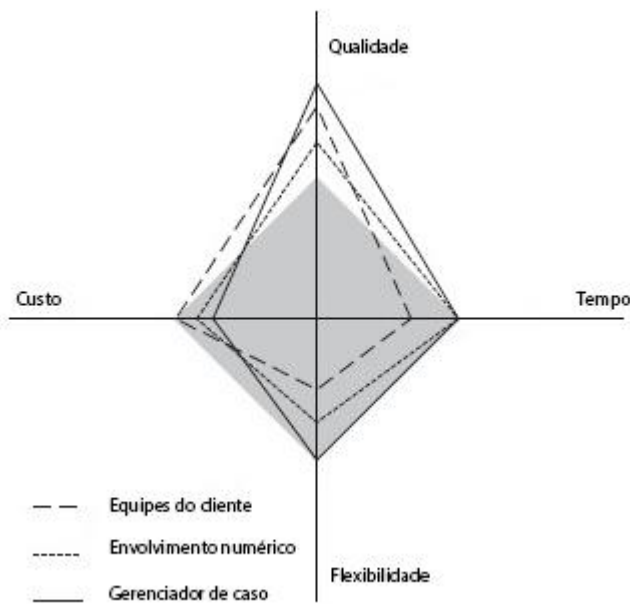


Figura 26 - Impactos esperados (Equipes do cliente, Envolvimento numérico, e Gerenciador de caso) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.20 Recursos extras

Propõe aumentar o número de recursos de uma determinada classe de recursos, se a capacidade para execução de atividades não estiver sendo suficiente. No exemplo

abaixo, uma atividade que é executada por um operador passaria a ser executada por dois operadores.

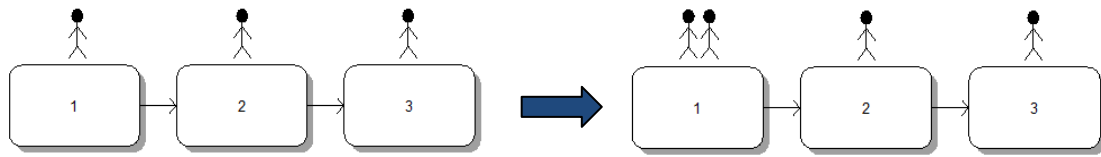


Figura 27 - Padrão Recursos extras

2.4.21 Generalista-Especialista / Especialista-Generalista

Propõe considerar tornar os recursos mais especializados ou mais generalizados. Recursos especialistas podem receber treinamento para outras qualificações, e recursos generalistas podem ser alocados ao mesmo tipo de trabalho por um período de tempo maior a fim de que se torne especialista. No exemplo abaixo, um recurso generalista foi especializado em determinada função. Ou vice-versa.

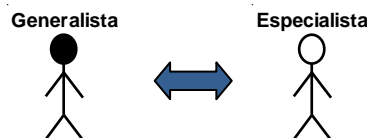


Figura 28 - Padrão Generalista-Especialista / Especialista-Generalista

2.4.22 Aumento de poder

Propõe dar aos trabalhadores a maioria dos poderes de decisão, para reduzir gerenciamentos intermediários. No exemplo abaixo, um recurso ganhou mais poder para realizar tomadas de decisão.

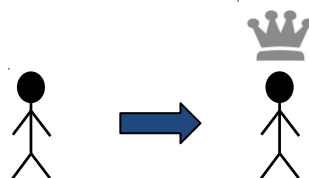


Figura 29 - Padrão Aumento de poder

Na Figura 30 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Recursos extras”, “Generalista-especialista/Especialista-generalista” e “Aumento de poder”.

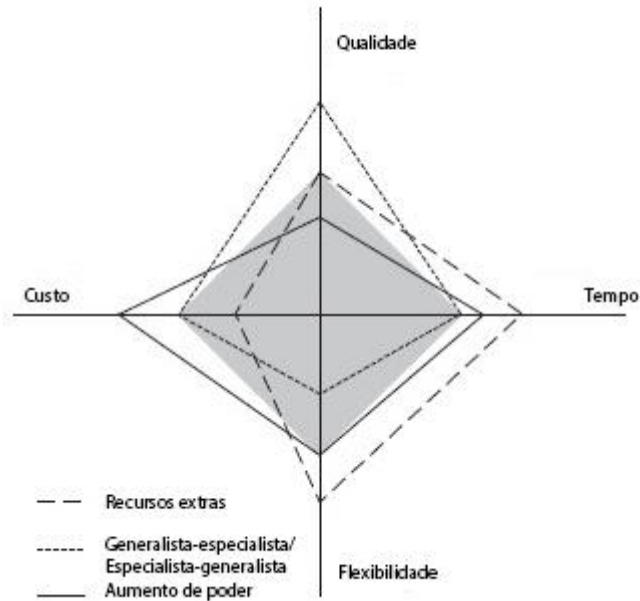


Figura 30 - Impactos esperados (Recursos extras, Generalista-especialista/Especialista-generalista, e Aumento de poder) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.23 Adição de controle

Propõe checar se os materiais que chegam estão completos e corretos, e checar as saídas antes de enviar para o cliente. Este padrão pode ser visto como um contraste ao padrão Eliminação de atividades. No exemplo abaixo, foi inserida uma atividade de verificação da saída antes de enviá-la para o cliente.

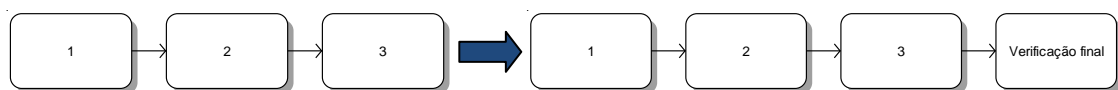


Figura 31 - Padrão Adição de controle

2.4.24 Buffer

Propõe considerar um buffer de informações (local interno para armazenamento das informações) através da subscrição para atualizações ao invés de requisitar informações de uma fonte externa. No exemplo abaixo, ao invés de ficar requisitando informações a uma fonte externa, a informação já carregada é utilizada até que seja recebida uma nova atualização vinda da fonte externa.

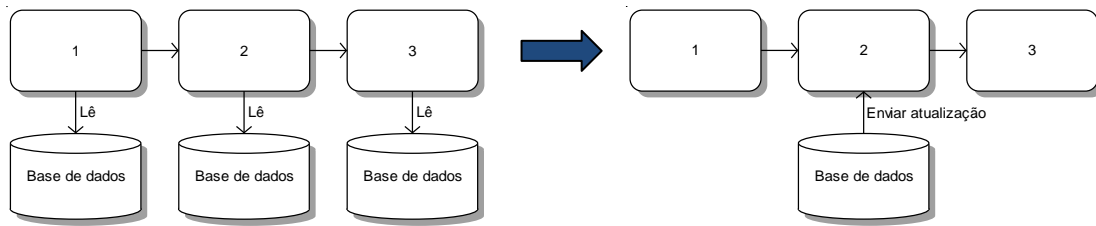


Figura 32 - Padrão Buffer

Na Figura 33 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Adição de controle” e “Buffer”.

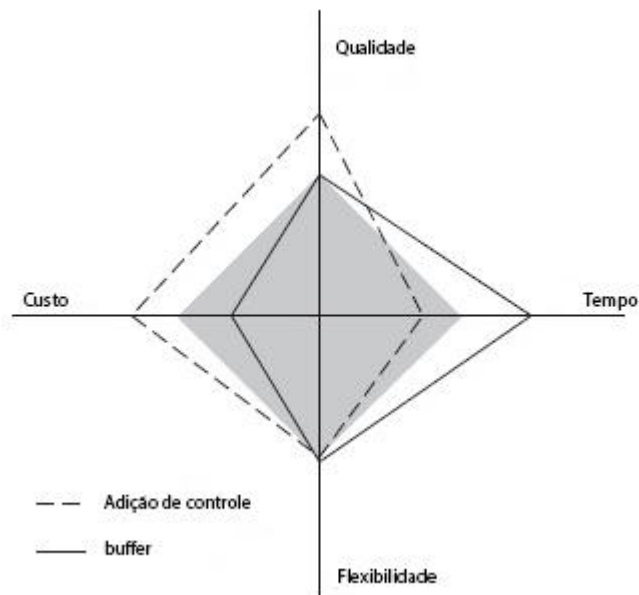


Figura 33 - Impactos esperados (Adição de controle, e Buffer) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.25 Automação de atividades

Propõe considerar que atividades sejam automatizadas. No exemplo abaixo, a atividade “1” foi automatizada.

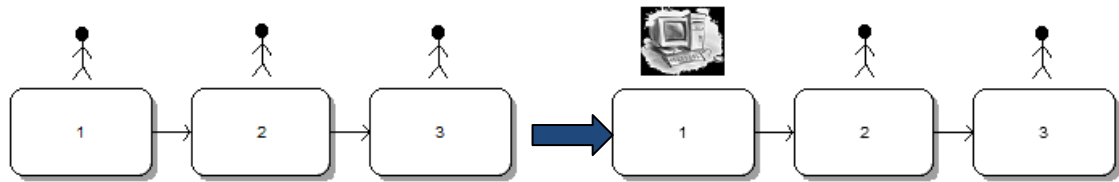


Figura 34 - Padrão Automação de atividades

2.4.26 Tecnologia

Propõe reduzir limitações físicas (distâncias, velocidade de produção, entre outros) através da aplicação de nova tecnologia. No exemplo abaixo, foi desenvolvida uma nova tecnologia para apoiar a atividade “1”.

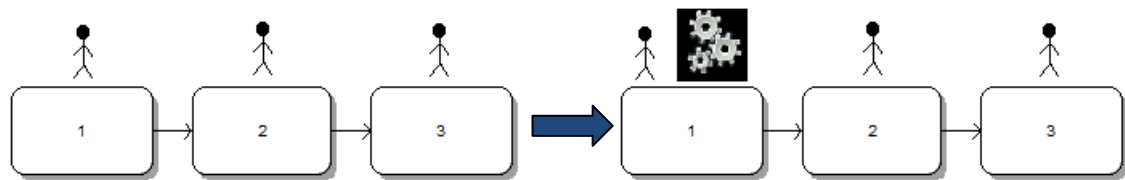


Figura 35 - Padrão Tecnologia

Na Figura 36 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Automação de atividades” e “Tecnologia”.

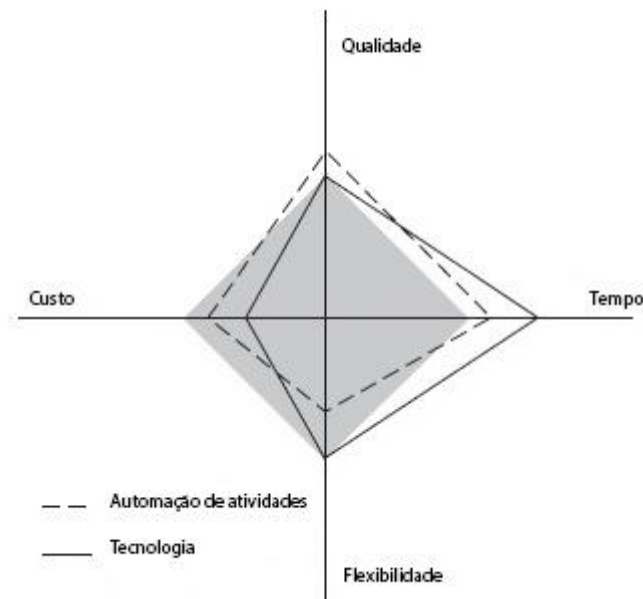


Figura 36 - Impactos esperados (Automação de atividades, e Tecnologia) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.4.27 Partido de confiança

Propõe utilizar os resultados já obtidos por uma entidade de confiança ao invés de determinar novamente as informações. Um exemplo é o crédito de determinado cliente que o banco A precisa estabelecer. Se o cliente puder apresentar um certificado de crédito recente do banco B, então o banco A pode aceitar isso.

2.4.28 Terceirização

Propõe considerar terceirizar um processo inteiro ou parte dele. No exemplo abaixo, a atividade “2” foi terceirizada.

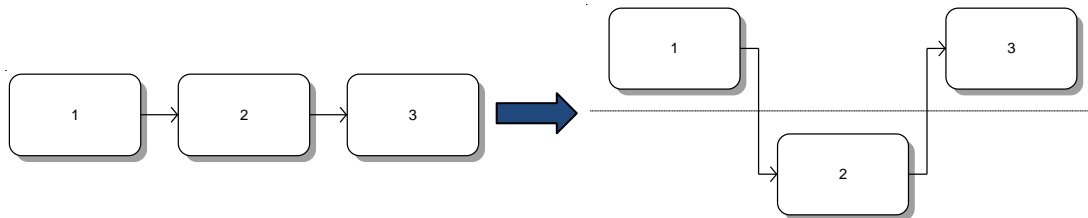


Figura 37 - Padrão Terceirização

2.4.29 Interface

Propõe considerar uma interface padronizada com os clientes e parceiros. A ideia por trás desta boa prática é que uma interface padronizada irá diminuir a probabilidade de erros, aplicações incompletas, comunicações inteligíveis, entre outros. No exemplo abaixo, as interfaces com o cliente ou parceiro foram padronizadas.

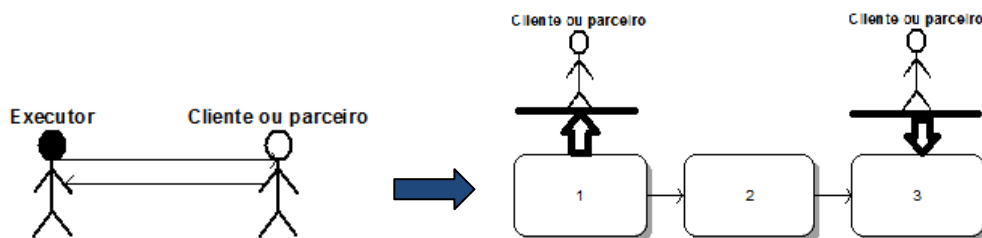


Figura 38 - Padrão Interface

Na Figura 39 são apresentados os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas para os padrões “Partido de confiança”, “Terceirização” e “Interface”.

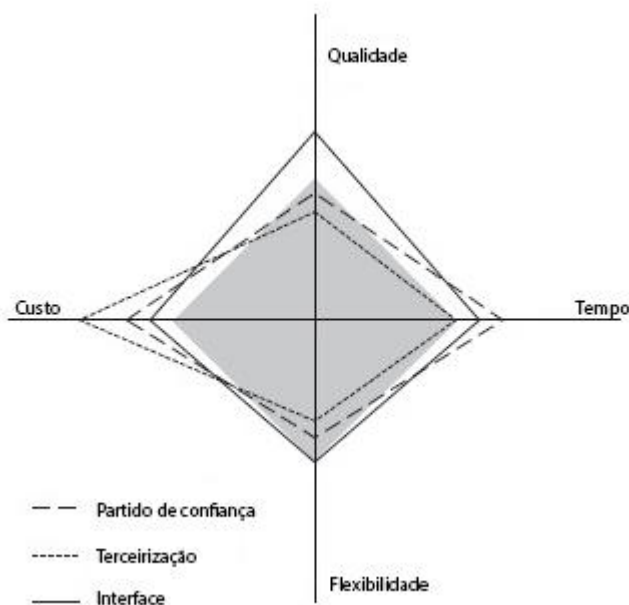


Figura 39 - Impactos esperados (Partido de confiança, Terceirização, e Interface) fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005)

2.5 Método utilizado como base na proposta

VAN PUTTEN et al. (2011) propuseram um método de suporte à decisão sobre questões relacionadas aos elementos de um processo através da análise automática de modelos de processos de negócio. A entrada para o método é um modelo de processo e, com base em uma série de heurísticas e regras de negócio aplicadas sobre os elementos do modelo do processo, são geradas recomendações para auxiliar em uma decisão a ser tomada.

O método consiste nas cinco etapas apresentadas na Figura 40. Na primeira etapa, o método lê o modelo de processo. Na segunda etapa, são aplicadas determinadas

heurísticas para levantar características do processo. Na terceira etapa, são aplicadas as regras definidas para gerar recomendação. Na quarta etapa, conflitos são resolvidos. Esta etapa consiste em analisar pesos definidos para as regras aplicadas na etapa anterior. Por fim, na quinta etapa, são geradas as recomendações finais baseadas nos resultados das etapas anteriores.

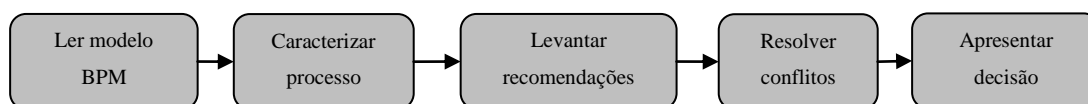


Figura 40 - Método para suporte à decisão automatizada (VAN PUTTEN *et al.* 2011)

Um exemplo aplicação do método consiste em decidir o local de disponibilização de informações sobre um produto. O produto em questão é garrafa de vinho e o objetivo do exemplo é decidir onde disponibilizar as informações do vinho: na própria garrafa ou referenciada em outro local. O processo utilizado como entrada no exemplo descreve como o produto é utilizado e qual a intensidade de uso das informações do vinho. A partir do modelo do processo, são aplicadas heurísticas e critérios de resolução de conflitos gerados especificamente para a tomada de decisão sobre o local de armazenamento. Eles apontam recomendações sobre como a informação deve ser disponibilizada.

As etapas executadas para o exemplo são ilustradas na Figura 41. Na primeira etapa, o modelo de processo é lido. Na segunda etapa, são aplicadas heurísticas que buscam no modelo características que determinam a frequência de acesso às informações sobre o produto e disponibilidade de rede (internet) no momento. Na terceira etapa, são aplicadas as regras definidas para recomendação. Neste caso, as regras são: (i) se as informações do produto são muito acessadas, então é recomendado armazená-las na própria garrafa; caso contrário, as informações devem ser referenciadas (armazenada em um site na rede, por exemplo); (ii) se houver disponibilidade de rede,

então a informação deve ser referenciada; caso contrário (não houver disponibilidade de internet), então as informações devem ser armazenadas na garrafa. Na quarta etapa de resoluções de conflitos, foi definido que a frequência de acesso ao dado tem peso maior que disponibilidade de rede. Logo, se tiver rede disponível no momento e o dado for muito acessado, é sugerido que a informação seja armazenada na garrafa. Por outro lado, se o dado for pouco acessado, mas houver disponibilidade de rede, é sugerido que a informação seja referenciada. Por fim, na quinta etapa, as recomendações finais são apresentadas para o analista decidir.



Figura 41 - Exemplo de aplicação do método para suporte à decisão automatizada (traduzido de VAN PUTTEN *et al.* 2011)

Neste trabalho, o método proposto por VAN PUTTEN *et al.* (2011) foi adaptado para identificar, a partir de modelos de processos de negócio, oportunidades de melhoria para aplicação de determinados padrões de redesenho, e assim auxiliar o analista na tarefa de decidir como melhorar o processo em questão.

2.6 Resumo

Neste capítulo foi apresentado o que é modelagem de processos de negócio, a notação Petri net utilizada como base para as formalizações das heurísticas apresentadas neste trabalho, uma introdução sobre melhoria de processos, e em seguida foram apresentados os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005). A proposta deste trabalho utiliza como base alguns destes padrões de redesenho.

Por fim, foi apresentado o método de suporte a tomada de decisão proposto por VAN PUTTEN et al. (2011) que foi adaptado para auxiliar na aplicação das heurísticas propostas nesta dissertação.

No capítulo seguinte são apresentados os trabalhos relacionados a este, que também utilizam os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005).

CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos relacionados que fornecem abordagem para melhoria de processos utilizando os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005). Além disso, para cada trabalho apresentamos uma comparação com o nosso trabalho.

3.1 Performing Business Process Redesign with Best Practices: An Evolutionary Approach

NETJES *et al.* (2009) propuseram e detalharam uma abordagem evolutiva para redesenho de processos de negócio. Eles descrevem os passos para atingir um melhor redesenho usando como entrada um modelo de processo existente. Os passos são: 1) Computar medidas do processo, 2) Avaliar condições para encontrar padrões de padrões de redesenho, 3) Criar modelos alternativos, 4) Avaliar o desempenho das alternativas criadas. O resultado final é um novo modelo de processo.

As medidas do processo computadas na etapa (1) podem ser vistas como características globais do processo. Os valores para as medidas do processo são obtidos a partir do modelo de processo existente e aponta deficiências no processo como um todo. Para cada padrão de redesenho são sabidos que pontos fracos do processo poderiam ser resolvidos e com o passo (2) as medidas de processo são combinadas em uma declaração de condição por padrão de redesenho. Quando uma condição é avaliada como verdadeira, isso sugere a aplicação do padrão associado. Todas as declarações de

condições são avaliadas para encontrar os padrões de redesenho que são elegíveis a serem aplicados ao processo. No passo (3), os padrões de redesenho selecionados são usados para criar modelos alternativos. Finalmente no passo (4), o desempenho das alternativas criadas são avaliados e a melhor alternativa é selecionada para ser implementado como o novo processo.

O trabalho de NETJES *et al.* (2009) identifica quais padrões são favoráveis a serem aplicados no processo como um todo, contudo não identifica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão, ou seja, isto fica a cargo do analista. Esta pesquisa pode ser vista como um complemento do trabalho de NETJES *et al.* (2009), pois foca em identificar pontos específicos no processo onde é favorável a aplicação de determinado padrão.

3.2 Development of a decision-making strategy to improve efficiency of BPR

MANSAR *et al.* (2009) propuseram um método, apoiado por uma ferramenta, para ajudar os analistas a selecionar os padrões de redesenho mais apropriados para melhorar processos. A abordagem tem como objetivo diminuir o tempo gasto pelos analistas discutindo a utilidade dos padrões de redesenho e provendo a eles uma clara avaliação da importância e impacto dos padrões de redesenho.

Para avaliação dos padrões de redesenho são utilizados os seguintes critérios: 1) a popularidade dos padrões de redesenho, 2) o componente do redesenho, ex. qual perspectiva (tempo, custo, qualidade, flexibilidade) estamos olhando, 3) o impacto do padrão de redesenho no processo, 4) o objetivo do redesenho, 5) os riscos do redesenho. Com base nestes cinco critérios, são elaborados indicadores para mensurar cada um deles. Desta forma, para cada padrão de redesenho, são calculados os valores dos indicadores de cada um dos cinco critérios, e por fim os padrões de redesenho são ordenados de acordo com os resultados dos indicadores.

A lista de padrões ranqueados apresenta aos analistas os padrões mais adequados a serem aplicados no redesenho do processo, contudo ao contrário da pesquisa apresentada nesta dissertação, não identifica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão.

3.3 The PrICE tool kit: Tool Support for Process Improvement

NETJES *et al.* (2010) propuseram uma ferramenta chamada PrICE tool kit (Process Improvement by Creating and Evaluating) para auxiliar o analista através da criação e avaliação de alternativas para processos. A ferramenta é baseada na arquitetura ProM, que basicamente é composta por plugins conforme Figura 42. Abaixo são explicados cada um dos plugins.

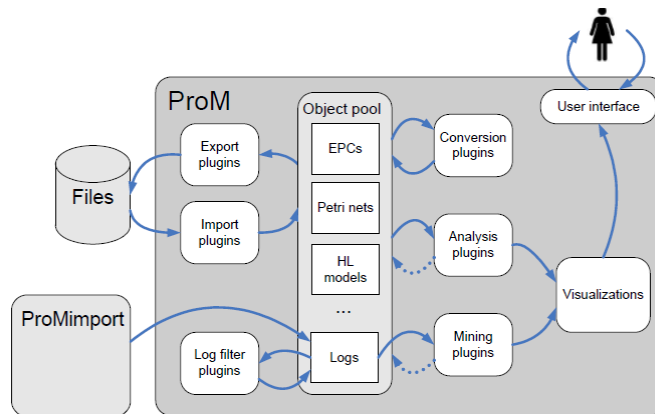


Figura 42 - Arquitetura ProM

- Import plugin: Lê um tipo de modelo específico de um formato específico de entrada.
- Export plugin: Pega um objeto da Object pool (Modelos de processo) e exporta isso num formato específico de saída.

- Conversion plugin: Transforma um modelo de tipo específico (ex: EPC) para outro tipo de modelo (ex: Petri Net).
- Log filter plugin: Transforma um log de eventos em outro log de eventos.
- Mining plugin: Aplica técnicas de mineração de processos em um log de eventos com objetivo de: Criar um modelo anteriormente inexistente, a partir de logs; Identificar discrepâncias entre um modelo existente e o que está presente nos logs; Enriquecer um modelo existente com informações que se pode obter através de logs (ex: tempo de processamento, custo, probabilidades de roteamento, etc).
- Analysis plugin: Usa os modelos da Object tool como entrada para a partir de parâmetros configurados pelo usuário, retornar um conjunto de objetos resultantes e apresentar isto para o usuário.

Através da arquitetura ProM foi construída ferramenta PrICE Tool Kit. Com apoio da ferramenta, o analista seleciona as operações de redesenho (baseado nos padrões de redesenho) e em seguida seleciona uma parte do modelo para redesenho clicando nas atividades no modelo de processo. Cores são utilizadas para auxiliar o usuário e exibir que atividades podem ser adicionadas a seleção atual de uma parte do processo. Desta forma, é garantido que a entrada (parte do processo) para a criação de uma alternativa de processo está correta. Por fim uma alternativa do processo é criada, e o usuário pode simular e avaliar a alternativa criada.

O trabalho de NETJES *et al.* (2010) ajuda o analista a simular e identificar a melhor alternativa de processo a ser utilizada como o novo processo, contudo não indica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão. Este trabalho precisa ser feito pelo analista.

3.4 Pattern-based process optimizer (Patente US 2010/0114632 A1)

AGRAHARI *et al.* (2010) propuseram um método para seleção de padrões de redesenho a serem aplicados no processo. O método consiste em seis etapas:

1. Escolher um processo para ser otimizado.
2. Identificar os indicadores de performance e oportunidades de melhoria. Isso é feito da seguinte forma: Os indicadores ou oportunidades de melhoria são métricas que o usuário do negócio precisa definir para o processo. O trabalho usa como exemplo um processo bancário, onde as métricas utilizadas são: custo de reenvio de documentos perdidos, quantidade de ligações recebidas por causa de demora na entrega de documentos, etc.
3. Identificar características de processo relacionados aos indicadores e oportunidades de melhoria definidos. Isso é feito da seguinte forma: Para cada indicador ou oportunidade de melhoria, você seleciona quais características estão relacionadas a ele. Estas características são custo, tempo, qualidade, flexibilidade, confiança, segurança, entre outros. O trabalho não se limita as quatro perspectivas fornecidas por REIJERS e MANSAR (2005). O especialista pode definir outras características e inserir, se preocupando também para cada um dos padrões em definir o impacto nessa nova característica.
4. Identificar os padrões relacionados as características. Ou seja, quais padrões afetam as características listadas anteriormente por causa dos indicadores e oportunidades de melhoria.
5. De todos esses padrões listados, selecioná-los com base em sua aplicabilidade para o processo. O especialista precisa definir os "data points" do processo, ou seja, os pontos onde medidas podem ser obtidas do processo para serem submetidas a algoritmos de aplicabilidade que verificam se um determinado

padrão é aplicável ao processo. Exemplo: No processo bancário 20 padrões poderiam ter sido selecionados na etapa anterior, mas ao avaliar a aplicabilidade deles no processo em questão, talvez apenas 11 seriam aplicáveis neste processo. Um "data point" pode, por exemplo, ser o tempo de execução de uma atividade. Suponha que foi selecionado o padrão para alocar recurso extra em uma atividade, se o tempo de execução desta atividade é muito irrelevante em comparação ao tempo de execução do processo, esse padrão não seria aplicável neste ponto.

6. Por fim o padrão de redesenho é aplicado no processo.

O grande diferencial desta dissertação é que apontamos como verificar a aplicabilidade de cada padrão. No trabalho de AGRAHARI *et al.* (2010) isso é definido pelo especialista no passo (6), ou seja, eles não fornecem nenhuma heurística para auxiliar o analista a identificar os pontos favoráveis a aplicação de cada padrão de redesenho.

3.5 Resumo

Este capítulo apresentou os trabalhos relacionados que fornecem abordagem para melhoria de processos utilizando os padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) e para cada trabalho apresentamos uma comparação com este trabalho. Na Tabela 1 é apresentada uma comparação resumida dos trabalhos relacionados com este trabalho.

Tabela 1 - Resumo comparativo entre este trabalho e os trabalhos relacionados

Trabalho	Comparação
NETJES <i>et al.</i> (2009)	Identifica, através de métricas baseadas no processo, quais padrões são favoráveis a serem aplicados no processo como um todo, contudo não identifica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão. Desta forma, este trabalho pode ser visto com um complemento ao trabalho de NETJES <i>et al.</i> (2009).
MANSAR <i>et al.</i> (2009)	Assim como o trabalho acima, MANSAR <i>et al.</i> (2009)

	<p>identifica, através de métricas baseadas no processo, quais padrões são favoráveis a serem aplicados no processo como um todo, contudo não identifica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão.</p> <p>Desta forma, este trabalho pode ser visto com um complemento ao trabalho de MANSAR <i>et al.</i> (2009).</p>
NETJES <i>et al.</i> (2010)	<p>O trabalho de NETJES <i>et al.</i> (2010) é um complemento ao trabalho de NETJES <i>et al.</i> (2009), onde auxilia o analista a simular e identificar a melhor alternativa de processo a ser utilizada como o novo processo, contudo não indica pontos específicos no processo onde seria indicado aplicar cada padrão.</p> <p>Desta forma, este trabalho pode ser visto como um complemento ao trabalho de NETJES <i>et al.</i> (2010), pois após utilização da nossa proposta, a proposta de NETJES <i>et al.</i> (2010) poderia ser utilizada para testar as nossas indicações.</p>
AGRAHARI <i>et al.</i> (2010)	<p>No trabalho de AGRAHARI <i>et al.</i> (2010) não são fornecidas heurísticas para auxiliar o analista a identificar os pontos favoráveis do processo para aplicação de cada padrão, isto fica a cargo do analista.</p> <p>Desta forma, este trabalho pode ser visto com um complemento ao trabalho de AGRAHARI <i>et al.</i> (2010).</p>

CAPÍTULO 4 - SYSARP

Este capítulo apresenta a proposta do trabalho, a qual consiste num conjunto de heurísticas para identificação de oportunidades de melhoria em um determinado processo de negócio. Para cada heurística é apresentado o racional de elaboração da mesma, sua formalização, e um exemplo de aplicação. Além das heurísticas, o método de VAN PUTTEN *et al.* (2011) foi adaptado, pois é necessário um método para apoiar a aplicação das heurísticas. A primeira versão do método adaptado foi apresentado em SOUZA *et al.* (2012a) e SOUZA *et al.* (2012b), e este trabalho apresenta uma evolução desta primeira versão.

4.1 Etapas do método

O método SYSARP (Systematic Application of Redesign Patterns) é composto de quatro etapas, as quais são ilustradas na Figura 43:

- Etapa 1 (BPM – Business Process Model): Nesta etapa, o processo de negócio é lido. Uma vez que o método seja apoiado por uma ferramenta, esta etapa consiste em passar como entrada o modelo de processo ou um arquivo estruturado (ex: XML) para a ferramenta. A forma como o modelo será lido dependerá da tecnologia adotada na implementação da ferramenta.
- Etapa 2 (Heurísticas): Nesta etapa, são aplicadas as heurísticas propostas para identificação de partes do processo onde melhorias podem ser realizadas de acordo com determinados padrões de redesenho.

- Etapa 3 (Resolução de Conflitos): O analista define pesos para os tipos de problemas que os padrões procuram resolver, segundo as perspectivas de tempo, custo, qualidade, flexibilidade para priorização da aplicação dos padrões. Desta forma, caso haja um conflito, ou seja, haja mais de uma recomendação de aplicação de padrão num mesmo ponto do processo e que não seja possível aplicar todos ao mesmo tempo, prevalecerá o padrão que tiver maior prioridade - melhor impacto esperado nas perspectivas de acordo com a ordem selecionada como mais prioritária pelo analista.

Analisando os impactos esperados fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) nas quatro perspectivas de todos os padrões, foi possível identificar que não existe nenhuma dupla de padrões aplicável a um mesmo elemento no processo e que possuam os mesmos impactos esperados nas quatro perspectivas.

- Etapa 4 (Recomendações Finais): Nesta etapa, os resultados anteriores são considerados para apresentação das recomendações finais de padrões a serem analisados e aplicados no processo.

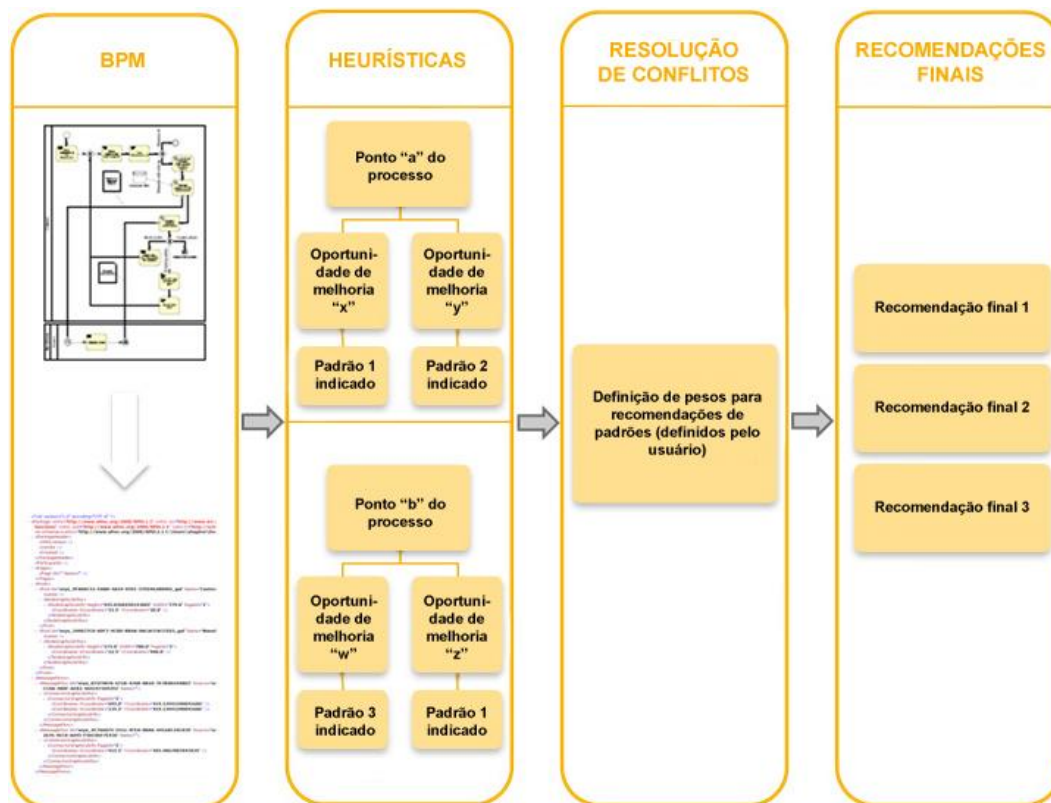


Figura 43 - Método proposto (adaptado de VAN PUTTEN *et al.*, 2011)

A partir dos padrões propostos por REIJERS e MANSAR (2005), MANSAR e REIJERS (2007) concluíram quais são os dez padrões mais utilizados na prática. Com base nestes dez padrões, neste trabalho foram selecionados três padrões de redesenho para serem estudados e propor formalizações de heurísticas para identificação de oportunidades de melhoria no processo, pois por limitações de tempo não seria possível realizar todo o trabalho para os dez padrões.

Os três padrões selecionados para a proposta deste trabalho foi baseado em subsídios da literatura para elaboração das heurísticas, ou seja, foram selecionados aqueles padrões onde foi possível referenciar trabalhos que justificassem o nosso critério de identificação de oportunidades de melhoria presentes nas heurísticas.

A seguir são apresentadas informações necessárias para que as heurísticas possam ser aplicadas, e em seguida são apresentadas as heurísticas, formalizações (as

expressões utilizadas como base para as formalizações estão detalhadas no ANEXO 1 desta dissertação) e exemplos de aplicações para cada um dos três padrões.

4.2 Modelo de alto-nível

Este trabalho utiliza como base a Petri Net, uma vez que a Petri net representa um modelo simples e matemático, e capaz de apresentar formalizações.

Para que as propostas deste trabalho sejam aplicadas, é necessário ter como entrada modelos de processo contendo determinadas informações. Essas informações necessárias foram combinadas em um modelo de alto-nível, onde os modelos a serem utilizados como insumos para a proposta devem respeitar as informações presentes neste modelo de alto-nível. A Figura 44 apresenta o modelo de alto-nível.

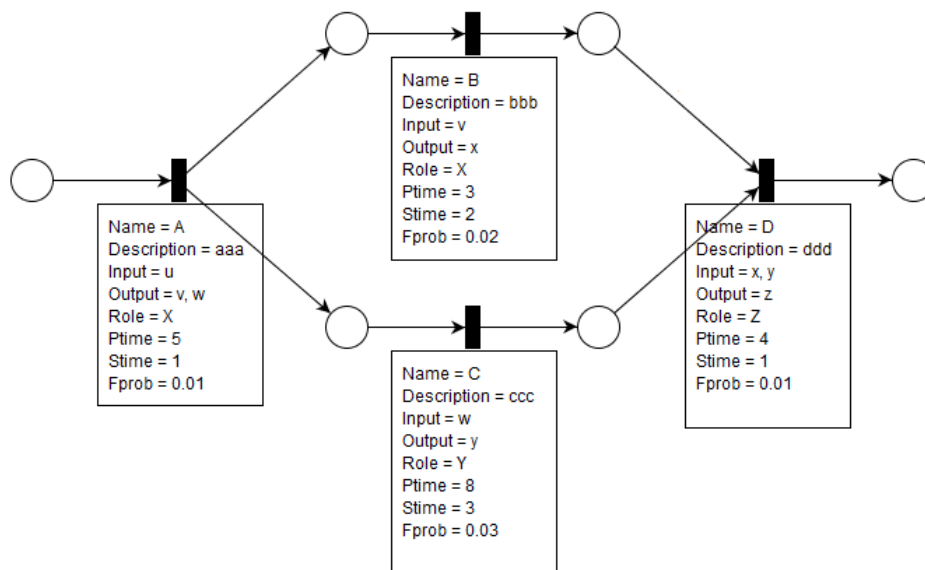


Figura 44 - Modelo de alto-nível

De acordo com o modelo de alto-nível acima, para cada transição é necessário saber o nome (name), a descrição (description), as entradas (input), saídas (output), papel responsável pela execução (role), tempo de processamento (processing time), tempo de iniciação (setup-time), e probabilidade de falha (failure probability). Essas informações são necessárias para que as heurísticas definidas neste trabalho possam ser aplicadas.

Note que as informações referentes ao tempo de processamento, tempo de iniciação e probabilidade de falha, são informações retiradas de estatísticas de instâncias do processo, contudo essas informações devem estar presentes no modelo, através de atributos por exemplo. É importante ressaltar que essas informações são dinâmicas, ou seja, conforme novas instâncias do processo sejam executadas, esses valores médios podem ser modificados ao longo do tempo.

4.3 Composição de atividades

Este padrão tem o objetivo de unificar atividades finas em atividades grossas e dividir atividades grossas em atividades mais finas e trabalháveis. Para aplicação deste padrão é necessário identificar atividades finas e grossas. As duas propostas elaboradas são apresentadas a seguir: (i) considerar o tempo de execução da atividade; e, (ii) ao unificar atividades, avaliar a relação da redução do tempo de iniciação com o aumento do tempo necessário para tratar falhas.

4.3.1 Proposta 1: Empregar tempo de execução da atividade

Esta proposta consiste em considerar o tempo de execução da atividade para inferir o tamanho da mesma. Duas heurísticas foram elaboradas para tratar este caso: (i) considerando a teoria estatística de Box Plot (MCGILL *et. al.*, 1978) para definir atividades finas e grossas; (ii) considerando a experiência do analista para definir a partir de qual distância do tempo médio de execução das atividades estão as atividades finas e grossas de acordo.

SEIDMANN e SUNDARARAJAN (1997) e BUZACOTT (1996) propuseram o uso do tempo de processamento como medida do tamanho de atividade. Quanto maior o tempo de processamento, mais grossa é a atividade. Por outro lado, quanto menor o tempo de processamento, mais fina é a atividade. Duas heurísticas foram definidas para identificar atividades finas e grossas.

Heurística 1: A partir dos tempos de processamento de todas as atividades, empregar a a teoria de diagrama de caixa (Box plot) e pontos discrepantes para identificar atividades finas e grossas.

O diagrama de caixa (boxplot) apresenta diferenças entre as populações. Os espaçamentos entre as regiões interquartil ajudam a indicar o grau de dispersão e assimetria nos dados, e assim identificar os valores muito destoantes dos demais. Um quartil é qualquer um dos três valores que divide o conjunto ordenado de dados em quatro partes iguais, e assim cada parte representa 25% da amostra ou população (MCGILL *et. al.*, 1978). Uma vez que a teoria de diagrama de caixas já é uma teoria matemática difundida, a mesma foi utilizada para elaboração da heurística e identificação das atividades finas e grossas.

Para aplicação desta heurística, os seguintes passos devem ser empregados:

1. Calcular o quartil inferior (Q1), a mediana (Q2), e o quartil superior (Q3), a partir dos tempos de processamento.
2. Utilizar a região interquartil para identificar pontos discrepantes como atividades finas e grossas.
3. Listar as atividades finas como sendo aquelas em que o tempo de processamento for menor do que $Q1 - 1,5IQR$.
4. Listar como atividades grossas aquelas em que o tempo de processamento for maior que $Q3 + 1,5IQR$.

A limitação para estas heurísticas ocorre se a variação nos tempos de processamento for pequena. Neste caso, a aplicação da heurística poderá resultar em nenhuma atividade identificada como grossa ou fina, uma vez que todas estarão localizadas entre os quartis, mesmo que todas as atividades sejam grossas ou todas sejam finas.

Para formalização da heurística, considere que cada transição possui um tempo de processamento como definido a seguir. Uma transição é um elemento na Petri net responsável por representar uma atividade (DESEL, 2005).

Seja PT um conjunto de pares ordenados de transições e seus tempos de processamento:

$$PT : T \rightarrow P, PT = \{(t_i, p_i)\} \quad (1)$$

onde

- T é um conjunto finito não vazio de n transições, tal que $t_i \in T$
- P é um conjunto de n tempos de processamento de n transições, onde

$$P \in R_+^*, p_i \in P$$

Seja Po uma lista ordenada de forma crescente dos elementos do conjunto P :

$$Po = \{po_1, po_2, \dots, po_n\} \text{ onde } po_i \leq po_{i+1} \quad (2)$$

A função $q1: R_+^* \rightarrow R_+^*$ que calcula o valor do quartil inferior (Q1) é definida

como:

$$q1(Po) = po_{\text{int}(\frac{1}{4}(n+1))} \quad (3)$$

Onde ‘int’ é uma função que retorna a parte inteira de um número de um número decimal.

A função $q2: R_+^* \rightarrow R_+^*$ que calcula o valor da mediana (Q2) é definida como:

$$q2(Po) = \begin{cases} \text{o valor da posição } \frac{n+1}{2}, & \text{se } n \text{ for ímpar} \\ \frac{\binom{po_{\frac{n}{2}}}{2} + \binom{po_{\frac{n}{2}+1}}{2}}{2}, & \text{se } n \text{ for par} \end{cases} \quad (4)$$

A função $q3: R_+^* \rightarrow R_+^*$ que calcula o valor do quartil superior (Q3) é definida

como:

$$q3(Po) = po_{\text{int}(\frac{3}{4}(n+1))} \quad (5)$$

Onde ‘int’ é uma função que retorna a parte inteira de um número decimal.

A função $iqr : R_+^* \rightarrow R_+^*$ que calcula a região interquartil (IQR) é definida como:

$$iqr(Po) = Q3 - Q1 \quad (6)$$

Baseado em (3), (4), (5) e (6), a classificação de atividades como grossa e fina, é definida formalmente como:

- O conjunto de atividades finas é composto de transições t_i onde $p_i < Q1 - 1,5iqr$, onde p_i é o tempo de processamento associado a transição t_i .
- O conjunto de atividades grossas é composto de transições t_i onde $p_i > Q3 + 1,5iqr$, onde p_i é o tempo de processamento associado a transição t_i .

Como um exemplo de aplicação da heurística, considere um processo composto por 14 atividades, onde o tempo de processamento de cada atividade é dado conforme abaixo:

t_1 : 10 minutos

t_2 : 20 minutos

t_3 : 50 minutos

t_4 : 12 minutos

t_5 : 1 minuto

t_6 : 5 minutos

t_7 : 480 minutos

t_8 : 5 minutos

t_9 : 3 minutos

t_{10} : 960 minutos

t_{11} : 1 minuto

t_{12} : 8 minutos

t_{13} : 15 minutos

t_{14} : 3 minutos

Então,

De (1), temos: $T = \{(t_1, 10), (t_2, 20), (t_3, 50), (t_4, 12), (t_5, 1), (t_6, 5), (t_7, 480), (t_8, 5), (t_9, 3), (t_{10}, 960), (t_{11}, 1), (t_{12}, 8), (t_{13}, 15), (t_{14}, 3)\}$

De (2), temos: $P_o = \{1, 1, 3, 3, 5, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 50, 480, 960\}$

De (3), temos: $q_1 = 3$.

De (4), temos: $q_2 = 9$.

De (5), temos: $q_3 = 20$.

De (6), temos: $iqr = 17$.

Então:

- Atividades finas são aquelas onde:

$$p_i < Q_1 - 1,5iqr$$

$$p_i < 3 - 1,5 \times 17$$

$$p_i < -22,5$$

- Atividades grossas são aquelas onde:

$$p_i > Q_3 + 1,5iqr$$

$$p_i > 20 + 1,5 \times 17$$

$$p_i > 45,5$$

Então nenhuma transição seria classificada como fina. Porém as transições t_3 , t_7 , t_{10} seriam classificadas como atividades grossas para serem consideradas para a aplicação do padrão.

Heurística 2: A partir dos tempos de processamento das atividades, o analista deve especificar o percentual de distância da mediana para definição para identificação dos pontos a partir dos quais atividades são consideradas finas e grossas.

Para aplicação dessa heurística, os seguintes passos devem ser empregados:

1. Calcular o valor m referente à mediana dos tempos de processamentos.
2. Definir o percentual de distancia d da mediana.
3. Considerar como atividades finas aquelas onde o respectivo tempo de processamento é menor que $(1-d) \times m$.
4. Considerar como atividades grossas aquelas onde o respectivo tempo de processamento é maior que $(1+d) \times m$.

A mediana foi escolhida por ser uma medida de tendência central de um conjunto. Ela é utilizada para que atividades com tempos discrepantes não afetem o valor médio do processo como um todo.

Supondo um processo com 10 atividades, sendo 9 com tempo de processamento de 5 minutos e 1 de 24 horas, a média dos tempos de processamento seria muito alta, e todas as 9 atividades seriam consideradas muito finas pela heurística. Já utilizando a mediana, atividades que tenham tempo muito diferente dos demais, não irão influenciar tanto no valor médio. No exemplo acima, há uma atividade com tempo muito grande de processamento (24 horas de processamento) em relação às demais (que têm de 5 minutos de processamento).

Para execução destas heurísticas, o analista precisa definir o percentual a ser utilizado como parâmetro para definição das atividades finas e grossas.

Uma limitação para a heurística ocorre no fato de que se a variação nos tempos de processamento for pequena, a aplicação da heurística poderá resultar em nenhuma atividade identificada como grossa ou fina, uma vez que todas estarão localizadas entre $(1-d) \times m$ e $(1+d) \times m$, mesmo que todas as atividades sejam grossas ou todas sejam finas.

Para formalização da heurística, considere que cada transição possui o seu respectivo tempo de processamento, que será utilizado para caracterizar a transição como grossa ou fina. Para que as transições tenham um tempo de processamento associado a ela, colocamos abaixo as formalizações necessárias:

Seja PT o conjunto dos pares ordenados de transições e seus respectivos tempo de processamento. Logo, temos:

$$PT : T \rightarrow P, PT = \{(t_i, p_i)\} \quad (7)$$

Onde:

- T é um conjunto finito não vazio de n transições, tal que
 $t_i \in T$
- P é um conjunto de n tempos de processamento das n transições, onde $P \in \mathbb{R}_+^*$, $p_i \in P$

Seja Po uma lista ordenada crescentemente dos elementos do conjunto P :

$$Po = \{po_1, po_2, \dots, po_n\} \text{ onde } po_i \leq po_{i+1} \quad (8)$$

A função $m : \mathbb{R}_+^* \rightarrow \mathbb{R}_+^*$ que calcula o valor da mediana é definida como:

$$m(Po) = \begin{cases} \text{o valor da posição } \frac{n+1}{2}, \text{ se } n \text{ for ímpar} \\ \frac{\left(po_{\frac{n}{2}} \right) + \left(po_{\frac{n}{2}+1} \right)}{2}, \text{ se } n \text{ for par} \end{cases} \quad (9)$$

Baseado na mediana m dos tempos de processamento, as transições são distribuídas em intervalos percentuais, de forma a auxiliar o analista a visualizar a discrepância entre os tamanhos das transições, e decidir que percentual deve ser utilizado como parâmetro “distância” para identificar os conjuntos de atividades finas e atividades grossas. A forma de apresentação é conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição das transições nos intervalos

Intervalos	Transição/tempo
$d < -90\%$	$t_i (p_i)$ onde $0 < p_i < m \times 0,1$
$d = -90\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,1 \leq p_i < m \times 0,2$
$d = -80\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,2 \leq p_i < m \times 0,3$
$d = -70\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,3 \leq p_i < m \times 0,4$
$d = -60\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,4 \leq p_i < m \times 0,5$
$d = -50\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,5 \leq p_i < m \times 0,6$
$d = -40\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,6 \leq p_i < m \times 0,7$
$d = -30\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,7 \leq p_i < m \times 0,8$
$d = -20\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,8 \leq p_i < m \times 0,9$
$d = -10\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 0,9 \leq p_i < m$
Mediana	$t_i (p_i)$ onde $p_i = m$
$d = +10\%$	$t_i (p_i)$ onde $m < p_i \leq m \times 1,1$
$d = +20\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,1 < p_i \leq m \times 1,2$
$d = +30\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,2 < p_i \leq m \times 1,3$
$d = +40\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,3 < p_i \leq m \times 1,4$
$d = +50\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,4 < p_i \leq m \times 1,5$
$d = +60\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,5 < p_i \leq m \times 1,6$
$d = +70\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,6 < p_i \leq m \times 1,7$
$d = +80\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,7 < p_i \leq m \times 1,8$
$d = +90\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,8 < p_i \leq m \times 1,9$
$d > +90\%$	$t_i (p_i)$ onde $m \times 1,9 < p_i$

Então, o analista decide que percentual d deve ser utilizado como parâmetro para classificar as atividades como fina ou grossa, conseqüentemente:

- O conjunto de atividades finas é composto pelas transições t_i onde $p_i < (1-d) \times m$, onde p_i é o tempo de processamento associado à transição t_i .
- O conjunto de atividades grossas é composto pelas transições t_i onde $p_i > (1+d) \times m$, onde p_i é o tempo de processamento associado à transição t_i .

Como um exemplo de aplicação da heurística, levando em consideração o mesmo processo do exemplo anterior, temos:

De (7), temos: $T = \{(t_1, 10), (t_2, 20), (t_3, 50), (t_4, 12), (t_5, 1), (t_6, 5), (t_7, 480), (t_8, 5), (t_9, 3), (t_{10}, 960), (t_{11}, 1), (t_{12}, 8), (t_{13}, 15), (t_{14}, 3)\}$

De (8), temos: $P_o = \{1, 1, 3, 3, 5, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 50, 480, 960\}$

De (9), temos: $m = 9$.

Desta forma, as transições seriam distribuídas em intervalos conforme apresentado abaixo:

Tabela 3 - Transições distribuídas nos intervalos

Intervalos	Transição/tempo
$d < -90\%$	--
$d = -90\%$	$t_5 (1); t_{11} (1);$
$d = -80\%$	--
$d = -70\%$	$t_9 (3); t_{14} (3);$
$d = -60\%$	--
$d = -50\%$	$t_6 (5); t_8 (5);$
$d = -40\%$	--
$d = -30\%$	--
$d = -20\%$	$t_{12} (8);$
$d = -10\%$	--
Mediana	--
$d = +10\%$	--
$d = +20\%$	$t_1 (10);$
$d = +30\%$	--

$d= +40\%$	t_4 (12);
$d= +50\%$	--
$d= +60\%$	--
$d= +70\%$	t_{13} (15);
$d= +80\%$	--
$d= +90\%$	--
$d> +90\%$	t_2 (20); t_3 (50); t_7 (480); t_{10} (960);

Suponha que o analista defina que nenhuma atividade deveria ter o tempo de execução maior ou menor do que 60% de distância da mediana. Então, 60% seria o parâmetro d para classificar as atividades. Logo, como resultado, teremos:

- Atividades finas são aquelas onde

$$p_i < (1-d) \times m$$

$$p_i < (1-0,6) \times 9$$

$$p_i < 3,6$$

- Atividades grossas são aquelas onde

$$p_i > (1+d) \times m$$

$$p_i > (1+0,6) \times 9$$

$$p_i > 14,4$$

Então as transições t_5 , t_{11} , t_9 , t_{14} , seriam classificadas como atividades finas e as transições t_{13} , t_2 , t_3 , t_7 , t_{10} seriam classificadas como atividades grossas.

4.3.2 Proposta 2: Verificação para unificar atividades

De acordo com REIJERS e MANSAR (2005), unificar atividades deve resultar na redução do tempo de execução de atividade devido à diminuição do tempo de iniciação referente às atividades combinadas. Tempo de iniciação se refere ao tempo necessário para um recurso humano se tornar familiar com as características da

atividade. Por outro lado, a combinação de atividades pode levar à perda de qualidade conforme as atividades forem ficando mais grossas.

De acordo com VAN DER AALST (2000), quando atividades são combinadas, uma perda de tempo é esperada quando a atividade combinada falha, pois é necessário executar toda a atividade combinada novamente.

De acordo com SEIDMANN E SUNDARARAJAN (1997), “toda vez que tarefas são transferidas entre especialistas, existe um tempo de iniciação. Este tempo de iniciação é o tempo gasto para que o especialista releia partes do trabalho e tente entender o que já foi feito em etapas anteriores”.

SEIDMANN E SUNDARARAJAN (1997) afirmam que uma vez que uma mesma pessoa execute atividades sequenciais, o tempo de iniciação devido à transferência de tarefas é eliminado. Desta forma, ao unificar atividades, estamos garantindo que uma mesma pessoa execute ambas as atividades, agora unificadas em uma única atividade, e assim o tempo de iniciação da segunda atividade é eliminado.

Agrupar atividades aumenta a probabilidade de falha, pois a probabilidade de falha da atividade combinada passa a ser a probabilidade de falhar em pelo menos uma das atividades anteriormente separadas.

Heurística 3: Unificar duas atividades sequenciais executadas pelo mesmo posto de trabalho se o ganho da eliminação do tempo de iniciação da segunda atividade for mais vantajoso que o aumento da probabilidade de falha ao unificar as atividades.

Para formalização desta heurística, considere:

pt = tempo de processamento de uma atividade

st = tempo de iniciação de uma atividade

fp = probabilidade de falha de uma atividade

Seja t_e tempo esperado para executar duas atividades a e b separadamente, tal que:

$$t_e = pt_a + st_a + ((pt_a + st_a) \times fp_a) + pt_b + st_b + ((pt_b + st_b) \times fp_b) \quad (10)$$

Seja t_c o tempo esperado para executar a combinação de duas atividades a e b em uma única atividade. Temos então que:

$$t_c = pt_a + pt_b + st_a + (pt_a + pt_b + st_a) \times fp_{ab} \quad (11)$$

Onde fp_{ab} é o tempo de falha das atividades a e b combinada, e é calculado conforme abaixo:

$$fp_{ab} = 1 - (1 - fp_a) \times (1 - fp_b) \quad (12)$$

Para aplicação da heurística deve-se então considerar que duas atividades sequenciais a e b devem ser combinadas se:

$$t_c < t_e \quad (13)$$

ou seja:

$$pt_a + pt_b + st_a + (pt_a + pt_b + st_a) \times fp_{ab} < pt_a + st_a + ((pt_a + st_a) \times fp_a) + pt_b + st_b + ((pt_b + st_b) \times fp_b)$$

Simplificando:

$$(pt_a + pt_b + st_a) \times fp_{ab} < ((pt_a + st_a) \times fp_a) + st_b + ((pt_b + st_b) \times fp_b)$$

A fórmula (13) define quando o ganho da eliminação do tempo de iniciação da segunda atividade é mais vantajoso que o aumento da probabilidade de falha devido à combinação. A seguir são apresentados dois exemplos de aplicação da heurística.

Considere duas atividades sequenciais executadas pelo mesmo papel e com os seguintes dados históricos de execução.

Atividade a : $pt_a = 50$ minutos; $st_a = 1$ minuto; $fp_a = 1\%$

Atividade b : $pt_b = 30$ minutos; $st_b = 1$ minuto; $fp_b = 2\%$

De (10) temos

$$t_e = 50 + 1 + ((50 + 1) \times 0,01) + 30 + 1 + ((30 + 1) \times 0,02)$$

$$t_e = 83,13$$

De (11) e (12) temos

$$t_c = 50 + 30 + 1 + (50 + 30 + 1) \times (1 - (1 - 0,01) \times (1 - 0,02))$$

$$t_c = 83,268$$

Uma vez que 83,268 é maior que 83,13, não é vantajoso unificar as atividades.

Usando diretamente a fórmula simplificada (13) teríamos os resultados 2,268 e 2,13. E uma vez que 2,268 é maior que 2,13, não é vantajoso unificar as atividades.

Como um segundo exemplo, considere duas atividades sequenciais executadas pelo mesmo papel possuindo os seguintes dados históricos de execução.

Atividade *a*: $pt_a = 8$ minutes; $st_a = 1$ minute; $fp_a = 1\%$

Atividade *b*: $pt_b = 3$ minutes; $st_b = 1$ minute; $fp_b = 0,5\%$

De (10) temos

$$t_e = 8 + 1 + ((8 + 1) \times 0,01) + 3 + 1 + ((3 + 1) \times 0,005)$$

$$t_e = 13,11$$

De (11) e (12) temos

$$t_c = 8 + 3 + 1 + (8 + 3 + 1) \times (1 - (1 - 0,01) \times (1 - 0,005))$$

$$t_c = 12,1794$$

Uma vez que 12,1794 é menor que 13,11, é indicado ser vantajoso unificar as atividades. Usando diretamente a fórmula simplificada (13) teríamos os resultados 0,1794 e 1,11. Como 0,1794 é menor que 1,11, é indicado ser vantajoso unificar as atividades.

4.4 Aumento de poder

Este padrão tem o objetivo de atribuir maior autoridade aos atores do processo, a fim de reduzir atos gerenciais intermediários. Em processos de negócio tradicionais, um tempo considerável pode ser gasto em autorização de trabalho a ser executado por papéis distintos do que o que autoriza.

Quando determinados atores têm poder para tomar decisões, o resultado pode ser mais eficiente devido ao menor tempo de execução e, conseqüentemente, menor custo de execução. No entanto, a qualidade da decisão pode ser menor e erros podem não ser identificados. Além disso, se decisões ruins levarem a retrabalho, o custo de execução pode ser maior.

Para aplicar este padrão, é necessário identificar quando uma tarefa existe apenas porque o executor de uma tarefa anterior não tem autoridade suficiente para tomar uma decisão.

A proposta para aplicação do padrão é verificar trocas de executor (*handoff*) em duas tarefas consecutivas e com tomada de decisão na segunda tarefa. Quando um determinado executor não possui poder suficiente para a tomada de uma decisão e outro executor realiza essa tarefa, existe uma troca de executores de uma atividade para outra. Após a troca de executor, é necessário verificar se o executor está realizando uma tomada de decisão.

De acordo com VAN DER AALST (2003), existem três tipos de decisão: escolha exclusiva, escolha múltipla, e escolha deferida. Escolha exclusiva é um ponto no processo onde, baseado em uma decisão ou controle de dados, um de diversos caminhos é escolhido. Uma escolha múltipla é um ponto no processo onde, baseado em uma decisão ou controle de dados, um ou mais dos diversos caminhos é seguido. Este caso também representa uma tomada de decisão, porém com mais de uma possível

saída. Uma escolha deferida é um ponto onde apenas um caminho é seguido, contudo diferente da escolha exclusiva, aqui a decisão não é explícita. Ela é baseada na instância, onde quando um dos caminhos é ativado, o outro caminho é cancelado.

A proposta deste trabalho foca em decisões explícitas, ou seja, onde um executor está realizando uma decisão explicitamente porque outro executor não tem poder para tal. Logo, decisão deferida não é considerada neste trabalho.

Como premissa para a heurística para sistematização da identificação de partes do processo para aplicação do padrão está baseada nos trabalhos de THOM *et al.* (2007) e VAN DER AALST (2003). Segundo estes autores, uma aprovação ou decisão, sempre leva a um *XOR-split* ou *OR-split*. Desta forma, se uma aprovação ou decisão for executada sem a presença desses *splits*, estes casos serão ignorados por se tratar de um provável problema de modelagem. Sem o *split*, o significado da modelagem é que, independente do resultado da aprovação ou da decisão, sempre terá apenas um caminho a ser seguido, o que é contraditório ao conceito de aprovação que pode resultar em “aprovado” ou “reprovado” e no conceito de decisão que pode resultar em uma ou mais ações a serem tomadas.

Heurística 4: Dadas duas transições T_j e T_i sequenciais, e com executores x e y diferentes, respectivamente, se após a segunda transição T_i existir um *XOR-split* ou *OR-split*, deve ser sugerida a aplicação do padrão “Aumento de poder” na transição T_i , ou seja, T_i passar a ser executada por x .

A Figura 45 apresenta duas transições sequenciais com troca de executor seguida de uma escolha exclusiva.

A Figura 46 apresenta duas transições sequenciais com troca de executor seguida de uma escolha múltipla.

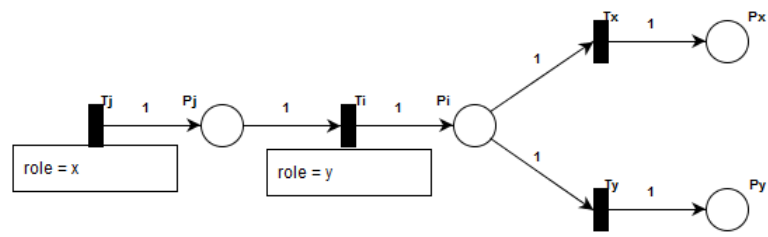


Figura 45 - Troca de executor com escolha exclusiva

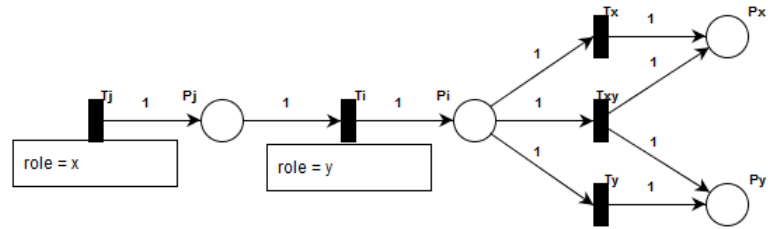


Figura 46 - Troca de executor com escolha múltipla

É importante ressaltar que podem existir casos de troca de executor seguida de escolha exclusiva ou escolha múltipla sem que necessariamente haja uma aprovação ou tomada de decisão. Isto ocorre porque o papel da tarefa anterior não tem poder para decidir. Dessa forma, é necessário que o analista avalie cada caso retornado para ver se realmente é caso de “aumento de poder”.

Para formalização desta heurística, primeiramente é necessário identificar uma transição que leve a uma escolha exclusiva ou escolha múltipla.

Seja DS um conjunto de posições, tal que $|\bullet ds_i| = 1$ e $|ds_i \bullet| \geq 2$, ou seja, (14)

cada posição ds_i possua apenas uma transição de entrada e pelo menos duas transições de saída.

Seja DT um conjunto de transições, tal que $|\bullet dt_i| = 1$ e $dt_i \bullet = ds_i \in DS$, (15)

ou seja, cada transição dt_i possua apenas uma posição de entrada s_i e a posição de saída seja uma $ds_i \in DS$.

Em seguida é necessário identificar uma transição predecessora a dt_i que seja executada por um papel diferente do papel responsável por executar dt_i .

Seja RT um conjunto de transições, tal que $rt_i \bullet = \bullet dt_i \in DT$ e (16)

$rt_i.role \neq dt_i.role$, ou seja, cada transição rt_i possua como posição de saída uma s_i que seja posição de entrada de uma dt_i , e o papel responsável por executar rt_i seja diferente do papel responsável por executar dt_i .

Por fim são retornadas as transições dt_i de DT que tenham como predecessora uma rt_i de RT , as quais podem ser obtidas através de (16), ou seja, retornar o conjunto D definido a seguir.

Seja D um conjunto de transições d_i , tal que $\bullet d_i = rt_i \bullet \in RT$ e (17)

$d_i \bullet = ds_i \in DS$, ou seja, cada transição possua como posição de entrada uma s_i que seja posição de saída de rt_i , e possua como posição de saída uma $ds_i \in DS$.

Exemplo: Levando em consideração o processo na Figura 47 a seguir:

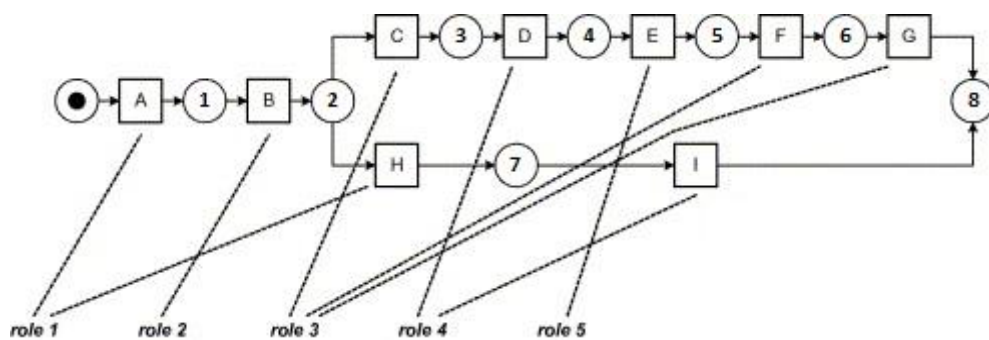


Figura 47 - Processo utilizado como exemplo para Aumento de poder

Então:

De (14), nós temos: $DS = \{2\}$

De (15), nós temos: $DT = \{B\}$

De (16), nós temos: $RT = \{A\}$

De (17), nós temos: $D = \{B\}$

Neste caso, a transição B seria indicada ao analista como um possível ponto a ser aplicado o padrão “aumento de poder”, ou seja, B é um provável ponto onde uma aprovação ou decisão está sendo tomada por “role 2” somente porque a “role 1” não tem poder para realizar tal decisão ou aprovação.

4.5 Resequenciamento

Este padrão tem o objetivo de mover atividades para partes do modelo de processo mais apropriadas (REIJERS e MANSAR, 2005). Há casos em que é melhor postergar a execução de uma atividade se ela não for requerida para a atividade imediatamente seguinte. Isto diminui o custo. Além disso, uma atividade pode ser movida para a proximidade de atividades similares, e desta forma, diminuir tempos de iniciação.

A heurística para automatizar a identificação das partes do processo para a aplicação do padrão “Resequenciamento” deve identificar que uma atividade não está no local mais apropriado. Duas propostas foram elaboradas: (i) Analisar necessidade de execução da atividade em determinado momento; (ii) Verificar semelhança entre atividades.

Proposta 1: Analisar necessidade de execução de uma atividade em determinado momento

De acordo com REIJERS e MANSAR (2005), é melhor postergar uma atividade se ela não for requerida para a execução das atividades imediatamente seguintes. Isto indica que a execução da atividade naquele momento é supérflua. Isto reduz custos.

De acordo com NETJES (2010), para decidir se duas atividades sequenciais podem ser executadas em paralelo, deve-se verificar se a segunda atividade utiliza como insumo algo que tenha sido produzido na atividade anterior.

Uma vez que não exista dependência entre duas atividades sequenciais e de acordo com NETJES (2010), elas poderiam então ser executadas em paralelo, isso significa que a primeira atividade não precisa ser executada antes da segunda, e desta forma podemos considerar que a execução da primeira atividade naquele momento não é essencial. Dessa forma, propõe-se a seguinte heurística.

Heurística 5: Dada duas atividades sequenciais, indicar a primeira atividade para ser postergada se a segunda atividade não utilizar como insumo nenhum produto produzido na primeira atividade.

É importante observar que podem existir casos de atividades não possuírem dependência de insumos e produtos e, contudo, terem que ser executadas considerando a ordem temporal. Para estes casos, o analista terá de analisar os casos e decidir se a execução pode ser postergada.

Para formalizar esta heurística, primeiramente é necessário identificar todos os pares de transições sequenciais.

Seja ST um conjunto de pares ordenados de transições sequenciais: (18)

$$ST : T \rightarrow T, ST = \{(t_i, t_j)\}$$

Onde:

$t_i \bullet = \bullet t_j$, ou seja, a posição posterior a t_i é uma posição predecessora de

t_j , logo t_i e t_j são transições sequenciais.

Seja $ST_1 \subseteq ST$ um subconjunto de ST , tal que $D_o(t_i) \cap D_l(t_j) = \emptyset$, ou (19)

seja, ST_1 é o conjunto de pares ordenados (t_i, t_j) onde não existe nenhuma saída de t_i que seja entrada de t_j .

Para cada par ordenado (t_i, t_j) contido em ST_1 , t_i é indicada a ser (20) postergada.

Considerando o processo apresentado na Figura 48, temos que:

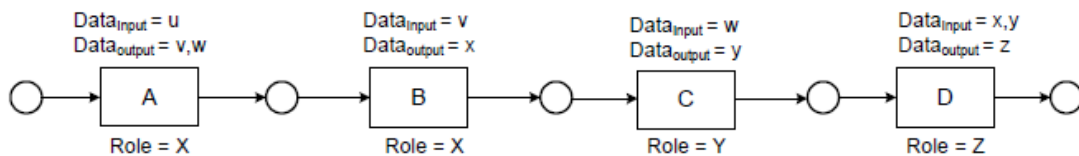


Figura 48 - Processo utilizado como exemplo para Resequenciamento (postergar atividades)

De (18), tem-se que: $ST = \{(A, B), (B, C), (C, D)\}$

De (19), tem-se que: $ST_1 = \{(B, C)\}$

De (20), tem-se que: B é indicada a ser postergada.

Proposta 2: Verificar semelhanças entre atividades.

De acordo com REIJERS e MANSAR (2005), uma atividade pode ser movida para a proximidade de atividades semelhantes de forma a reduzir tempos de iniciação.

WEIDLICH *et al.* (2010) propõe o uso do conceito de ‘documentos virtuais’ para identificar semelhança entre atividades. Um documento virtual de um nó consiste de todas as palavras de informação textual que está relacionado com esse nó. Dados dois documentos virtuais, a sua semelhança pode ser calculada com base na coincidência de termos que aparecem nos dois documentos. WEIDLICH *et al.* (2010) define documento virtual de uma atividade como consistindo nos termos que são derivados a partir do rótulo da atividade e outras informações associadas, tais como os rótulos dos papéis que estão autorizados a executar a atividade, das entradas e das

saídas, e a descrição textual da própria atividade. Logo, a seguinte heurística foi proposta.

Heurística 6: Ordenar de forma decrescente todas as duplas de atividades de acordo com o percentual de palavras coincidentes, considerando as palavras envolvidas no contexto de uma atividade.

Para aplicação desta heurística, os seguintes passos devem ser empregados:

1. Para cada atividade, criar uma lista de palavras envolvidas desconsiderando artigos, pronomes, preposições, conjunções e interjeições.
2. Identificar todas as possíveis combinações de duplas de atividades envolvidas no processo.
3. Para cada dupla identificar o percentual de palavras que aparecem na lista de ambas as atividades.
4. Ordenar as duplas de atividades de forma decrescente a partir do percentual de palavras que aparecem em ambas as atividades.
5. Definir a quantidade de duplas de atividades superiores que serão analisadas para identificar a possibilidade de posicionamento no próxima uma da outra no processo.

É importante ressaltar que as técnicas de verificação de similaridade utilizadas na literatura (WEIDLICH *et al.*, 2010; DIJKMAN *et al.*, 2009; EHRIG *et al.*, 2007; VAN DONGEN *et al.*, 2008; YAN *et al.*, 2010) foram elaboradas para identificar similaridades entre processos distintos, até mesmo de organizações distintas, num cenário onde organizações são fundidas e os processos precisam ser avaliados para identificar correspondência de processos. Este trabalho tem foco na identificação de similaridades entre atividades dentro de um único modelo. Desta forma, a diferença de

nomeação e termos utilizados para descrever algo semelhante tende a ser menos impactante no nosso cenário, pois os termos e conceitos utilizados estão no escopo de um único processo. Para auxiliar nesta questão, LEOPOLD *et al.* (2013), propuseram uma técnica automática para identificação de violação de convenções de nomeação de atividades, o que auxiliaria a diminuir a ocorrência de diferença de nomeação e termos distintos utilizados para descrever algo semelhante. Além disso, características pessoais de escrita tendem a ser diminuídas também por se tratar de um único modelo provavelmente modelado por uma única pessoa ou única equipe.

O Analista deve analisar os pares de atividades mais similares verificando se há possibilidade de posicioná-las próximas ou se devido a dependências temporais e dependência de entradas e saídas, não será viável. Nossa proposta identifica as similaridades e fica a cargo do analista verificar a possibilidade de movimentação das mesmas.

WEIDLICH *et al.* (2010) considera em sua proposta comparações complexas (1:n), ou seja, comparações de uma atividade com várias atividades, e não apenas duplas de atividades (1:1). Contudo, WEIDLICH *et al.* (2010) afirma que, baseado em duplas de atividades, comparações complexas são consideradas, porém divididas em pares. Por exemplo, ao realizar uma comparação complexa (1:n) que seria comparar a atividade “x” com a dupla de atividades “a” e “b”, ou seja, (x:(a,b)), é semelhante a duas comparações simples de duplas de atividades que seria (x:a) e (x:b).

Artigos, pronomes, preposições, conjunções e interjeições não devem ser considerados na construção da lista de palavras envolvidas, e as palavras precisam ser normalizadas para retirada de gerúndio e flexão verbal (WEIDLICH *et al.*, 2010).

A formalização da heurística considera as seguintes definições:

Seja W o multiconjunto de palavras envolvidas em uma transição, onde (21)

$W(t_i)$ é o multiconjunto de palavras envolvidas no contexto da transição t_i , cada w_i^k é uma palavra desconsiderando artigos e pronomes onde k é o número de vezes que a palavra w_i aparece.

Seja TP um conjunto de pares ordenados de transições, contendo todas as (22) combinações de duplas de transições:

$$TP: T \rightarrow T, TP = \{(t_i, t_j)\}$$

Para cada par ordenado de transições $(t_i, t_j) \in TP$ é calculado o percentual (23)

$$x \text{ de palavras coincidentes, onde } x = \frac{W(t_i) \cap W(t_j)}{W(t_i) \cup W(t_j)}.$$

A fórmula (23) representa a métrica de JACCARD (1912) apud HEMERT e BALDOCK (2007).

Os pares ordenados de transições são organizados em uma lista de forma decrescente em relação ao percentual de palavras coincidentes, onde cada linha da tabela inclui um par ordenado e o percentual de semelhança correspondente.

Como exemplo, considere o processo apresentado na Figura 49, onde primeiramente é registrada a demanda de análise de qualidade parcial e em seguida é realizada a análise de processo. Após análise, o relatório com ajustes a serem feitos é enviado para tratamento. Após ajustes, é verificado se os pontos foram tratados, e uma vez atendidos, a demanda é finalizada.

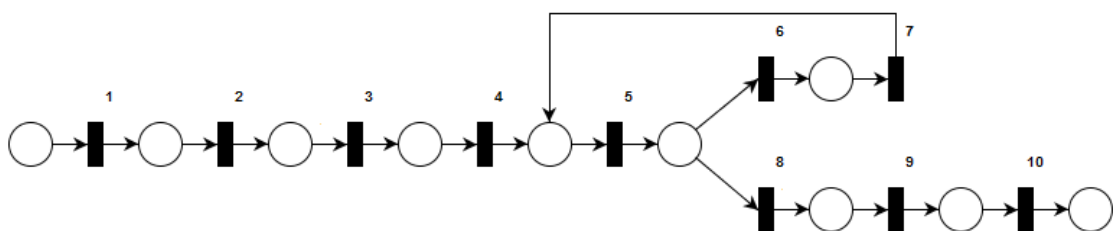


Figura 49 - Processo utilizado como exemplo para Resequenciamento (atividades similares)

Por questões de tamanho da imagem, foram excluídas as anotações de cada transição, mantendo apenas números cujas anotações são referenciadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Anotações do processo

Id	Name	Description	Input	Output	Role
1	Registrar demanda	Registrar demanda no Jira.	--	Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
2	Realizar análise de qualidade parcial	Realizar a análise de qualidade parcial dos processos modelados previstos no cronograma da iniciativa de modelagem.	Modelos de processo;	Relatório de análise de qualidade parcial; Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
3	Enviar relatório	Enviar, via email ou JIRA, o relatório da análise de qualidade parcial para o líder de projeto.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Relatório de análise de qualidade parcial; Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
4	Tratar análise de qualidade parcial	Tratar os pontos de atenção e de não concordância da análise de qualidade parcial.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Relatório de análise de qualidade parcial;	Líder de projeto
5	Analisar resposta	Analisar as respostas do líder de projeto aos pontos de atenção da análise de qualidade, verificando se os mesmos foram alterados no ARIS.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
6	Informar não concordância ao tratamento	Informar via e-mail ou JIRA, ao líder de projeto e ao líder de AMPN local a não concordância ao tratamento dos pontos de atenção da análise de qualidade parcial.	--	Relatório de análise de qualidade parcial; Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
7	Tratar pontos com não concordância	Tratar os pontos de atenção da análise de qualidade parcial em que há não concordância da AMPN Sede.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Relatório de análise de qualidade parcial;	Líder de projeto
8	Retornar relatório	Retornar via email ou JIRA, o relatório de análise de qualidade parcial de processos ao líder de projeto.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Relatório de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade
9	Registrar finalização de análise de qualidade	Registrar a finalização da análise de qualidade parcial de processos.	Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Acompanhamento de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade

	parcial				
10	Disponibilizar relatório	Disponibilizar o relatório de análise de qualidade parcial no ambiente colaborativo de iniciativas.	Relatório de análise de qualidade parcial;	Relatório de análise de qualidade parcial;	Analista de qualidade

Então:

De (21) temos:

$W(1) = [\text{registrar}^2, \text{demanda}^2, \text{jira}, \text{acompanhamento}, \text{análise}, \text{qualidade}^2, \text{parcial}, \text{analista}]$

$W(2) = [\text{realizar}^2, \text{análise}^4, \text{qualidade}^5, \text{parcial}^4, \text{processos}, \text{modelados}, \text{previstos}, \text{cronograma}, \text{iniciativa}, \text{modelagem}, \text{modelos}, \text{processo}, \text{relatório}, \text{acompanhamento}, \text{analista}]$

$W(3) = [\text{enviar}^2, \text{relatório}^4, \text{via}, \text{email}, \text{jira}, \text{análise}^4, \text{qualidade}^5, \text{parcial}^4, \text{líder}, \text{projeto}, \text{acompanhamento}, \text{analista}]$

$W(4) = [\text{tratar}^2, \text{análise}^4, \text{qualidade}^4, \text{parcial}^4, \text{pontos}, \text{atenção}, \text{não}, \text{concordância}, \text{relatório}^2, \text{líder}, \text{projeto}]$

$W(5) = [\text{analisar}^2, \text{resposta}, \text{respostas}, \text{líder}, \text{projeto}, \text{pontos}, \text{atenção}, \text{análise}^3, \text{qualidade}^4, \text{verificando}, \text{mesmos}, \text{foram}, \text{alterados}, \text{aris}, \text{relatório}, \text{parcial}^2, \text{acompanhamento}, \text{analista}]$

$W(6) = [\text{informar}^2, \text{não}^2, \text{concordância}^2, \text{tratamento}^2, \text{via}, \text{e-mail}, \text{jira}, \text{líder}^2, \text{projeto}, \text{ampn}, \text{local}, \text{pontos}, \text{atenção}, \text{análise}^3, \text{qualidade}^4, \text{parcial}^3, \text{relatório}, \text{acompanhamento}, \text{analista}]$

$W(7) = [\text{tratar}^2, \text{pontos}^2, \text{não}^2, \text{concordância}^2, \text{atenção}, \text{análise}^3, \text{qualidade}^3, \text{parcial}^3, \text{há}, \text{ampn}, \text{sede}, \text{relatório}^2, \text{líder}, \text{projeto}]$

$W(8) = [\text{retornar}^2, \text{relatório}^4, \text{via, email, jira, análise}^3, \text{qualidade}^4, \text{parcial}^3, \text{processos, líder, projeto, analista}]$

$W(9) = [\text{registrar}^2, \text{finalização}^2, \text{análise}^4, \text{qualidade}^5, \text{parcial}^4, \text{processos, acompanhamento}^2, \text{analista}]$

$W(10) = [\text{disponibilizar}^2, \text{relatório}^4, \text{análise}^3, \text{qualidade}^4, \text{parcial}^3, \text{ambiente, colaborativo, iniciativas, analista}]$

De (22) temos $TP = \{(1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), (1,7), (1,8), (1,9), (1,10), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), (2,7), (2,8), (2,9), (2,10), (3,4), (3,5), (3,6), (3,7), (3,8), (3,9), (3,10), (4,5), (4,6), (4,7), (4,8), (4,9), (4,10), (5,6), (5,7), (5,8), (5,9), (5,10), (6,7), (6,8), (6,9), (6,10), (7,8), (7,9), (7,10), (8,9), (8,10), (9,10)\}$

De (23) temos:

Percentual	Par ordenado
93,6%	(4,7)
88,0%	(3,8)
81,2%	(1,9)
77,8%	(6,7)
75,5%	(4,6)
75,4%	(3,6)
72,9%	(3,4)
71,7%	(3,10)
71,1%	(4,8)
70,4%	(6,8)
70,2%	(2,9)
69,8%	(8,10)
68,6%	(3,5)
68,1%	(4,5)
67,3%	(2,3)

66,7%	(4,10)
66,0%	(3,9)
65,3%	(2,8)
65,2%	(2,10)
62,7%	(3,7)
62,5%	(5,8)
62,2%	(1,3)
61,4%	(8,9)
60,4%	(7,8)
60,1%	(5,6)
60,0%	(5,7)
58,7%	(5,9)
58,5%	(9,10)
58,1%	(4,9)
57,8%	(5,10)
56,7%	(1,2)
55,5%	(7,10)
54,9%	(2,5)
53,8%	(6,9)
52,9%	(1,8) (6,10)
52,1%	(2,4)
51,6%	(1,10)
50,9%	(2,6)
49,0%	(2,7)
48,5%	(1,4)
47,8%	(7,9)
47,6%	(1,6)
47,2%	(1,5)
36,1%	(1,7)

Baseado na lista resultante, o analista deve verificar as duplas de atividades com maior percentual (a quantidade de duplas a serem analisadas deve ser definida pelo analista), para avaliar se estas são atividades similares de fato e então considerar a aplicação do padrão Resequenciamento.

4.6 Resumo

Neste capítulo foi apresentada a proposta deste trabalho que consiste num conjunto de heurísticas para identificação de oportunidades de melhoria baseado em três padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005). Para cada heurística foi apresentada o racional para sua elaboração, a sua formalização, e um exemplo de aplicação. Uma vez que as heurísticas estão formalizadas, elas são passíveis de serem implementadas futuramente para identificação automática de oportunidades de melhoria.

Foi apresentada a adaptação do método de VAN PUTTEN et al. (2011) para auxiliar o analista na aplicação das heurísticas para identificação de oportunidades de melhoria a partir de modelos de processos de negócio. Além disso, também foram apresentadas as informações necessárias que os modelos precisam conter para que as heurísticas definidas nesta dissertação possam ser aplicadas.

No capítulo seguinte será apresentado o estudo de caso realizado para avaliação das heurísticas de identificação de oportunidades de melhoria.

CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Este capítulo apresenta o estudo de caso realizado para avaliação da proposta. Neste capítulo será apresentado o plano do estudo de caso, a execução e a avaliação dos resultados.

5.1 Plano do estudo de caso

O método utilizado para avaliação da proposta foi Estudo de caso (Yin, 2005). Yin (2005) afirma que esta abordagem se adapta à investigação, quando:

- Investigador enfrenta situações complexas, de tal forma que dificulta a identificação das variáveis consideradas importantes;
- O investigador procura respostas para o “como?” e o “por quê?”;
- O objetivo é descrever ou analisar um fenômeno;
- O investigador pretende apreender a dinâmica do fenômeno, do programa ou do processo.

Este método foi selecionado, pois o nosso objetivo é avaliar se as heurísticas são adequadas, ou seja, se são capazes de apoiar na identificação de oportunidades de melhoria de processo baseado nos padrões de redesenho. Desta forma, o uso de estudo de caso se aplica, uma vez que a melhoria de processos é uma situação complexa com muitas variáveis envolvidas, e queremos analisar um fenômeno que é o resultado gerado pelo método.

O estudo de caso foca apenas na avaliação das heurísticas e não na aplicação do método, pois uma vez que as heurísticas sejam confiáveis e sistemáticas, o método poderia ser implementado para apoio da aplicação das heurísticas.

A heurística 3 não foi avaliada no estudo de caso. Uma vez que esta heurística verifica quando é vantajoso unificar atividades, para poder avaliar a sua confiabilidade seria necessário modificar o processo e medir os novos valores para tempo de processamento, tempo de iniciação e probabilidade de falha, e assim poder avaliar se a heurística indicou corretamente quando é vantajoso ou não unificar as atividades. Desta forma, não foi possível avaliar a heurística 3, pois não houve disponibilidade para alterar um processo, para em seguida avaliar os novos valores de tempo de processamento, tempo de iniciação e probabilidade de falha das atividades do processo.

O estudo de caso foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, analistas de processos deveriam selecionar processos de negócio em que tenham alto grau de conhecimento do processo e do negócio envolvido, e em seguida cada analista deveria buscar individualmente, pontos em que aconteçam as situações descritas nos padrões de REIJERS e MANSAR (2005) abordados neste trabalho, nos respectivos processos selecionados, verificando manualmente o modelo a fim de identificar as oportunidades de melhoria.

Na segunda etapa, as heurísticas definidas foram aplicadas pelo pesquisador nos processos empregados pelos analistas na etapa anterior. Uma vez que as heurísticas são sistemáticas e passíveis de serem implementadas, existe apenas um único resultado possível dado um processo e uma heurística. Desta forma, o pesquisador pode executar as heurísticas, pois não há interferência no resultado. É importante ressaltar que as heurísticas foram formalizadas utilizando a Petri net, contudo as heurísticas são

aplicáveis a qualquer notação. Desta forma, para cada notação deve ser identificada a forma de representação dos passos descritos na heurística e na formalização.

Através dos resultados coletados com a aplicação das heurísticas pelos analistas e os resultados retornados pelas heurísticas, as seguintes características foram analisadas:

- Houve casos não identificados pelas heurísticas que foram identificados na forma manual pelos analistas?

Essa pergunta foi respondida através da comparação do resultado obtido com a identificação manual das oportunidades de melhoria do processo e a aplicação das heurísticas.

Para os casos em que as heurísticas não foram capazes de identificar, foi analisado se era necessário complementar as heurísticas ou se o caso representava uma limitação da nossa proposta.

- Houve casos identificados pelas heurísticas que não chegaram a ser identificados na forma manual pelos analistas?

Essa pergunta foi respondida através da comparação do resultado obtido com a identificação manual de oportunidades de melhoria do processo e a aplicação das heurísticas.

Para os casos em que os analistas não foram capazes de identificar uma oportunidade retornada pelas heurísticas, foi analisado em conjunto com o analista se a oportunidade de melhoria é válida, constatando um caso em que nosso método identificou uma oportunidade de melhoria que passou despercebida pelos analistas, ou seja, ajudando na falha humana, ou se representa uma imprecisão das heurísticas, sendo uma recomendação que seria descartada pelo analista.

Ameaças que podem ter interferido nos resultados:

Experiência dos analistas: Os analistas precisaram ser experientes e possuir alto grau de conhecimento do processo selecionado, pois estes devem ser capazes de identificar oportunidades de melhoria no processo utilizando os padrões fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) abordados neste trabalho. Esta característica dos analistas é importante, pois a identificação de oportunidades de melhoria da forma manual será utilizada como referência para analisar as heurísticas, ou seja, se com a aplicação das heurísticas é capaz de chegar a um resultado próximo da forma manual. Participaram do estudo de caso analistas de processo com mais de 5 anos de experiência na área de processos de negócio e com alto conhecimento do processo em si.

Características individuais dos analistas: Cada analista selecionou um ou mais processos em que tivesse alto grau de conhecimento do processo para utilizar no estudo de caso, desta forma, como cada processo foi analisado por um analista, características individuais de cada analista podem interferir no resultado da identificação de oportunidades de melhoria manualmente. Para diminuir este impacto, os analistas envolvidos possuem mais de cinco anos de experiência na área de processos de negócio, e possuem alto grau de conhecimento no processo selecionado, para garantir que o resultado seja o próximo ao resultado ótimo. Além disso, para cada padrão 8 analistas foram envolvidos e os resultados foram agrupados, desta forma, a característica de um analista não causa grande impacto no resultado global do estudo realizado em cada padrão.

Características dos processos selecionados: Foram utilizados processos que o analista tinha alto grau de conhecimento do negócio/processo, e que não fossem processos muito simples, pois poderia resultar em pouca ou nenhuma oportunidade de melhoria identificada pelos analistas. Além disso, foi necessário que os modelos de

processo contivessem as informações necessárias, descritas no meta-modelo da seção 4.2 deste trabalho, de forma que fosse possível realizar a aplicação das heurísticas.

Perfil dos analistas que participaram do estudo de caso:

Participaram do estudo de caso analistas com pelo menos cinco anos de experiência na área de processos de negócio trabalhando em escritórios de processos de negócio em organizações e projetos de pesquisa, contendo alto grau de conhecimento na área de processos de negócio.

5.2 Execução e análise do estudo de caso

Para a primeira etapa do estudo de caso foram selecionados 16 analistas com pelo menos 5 anos de experiência na área de processos de negócio, e 24 processos de negócio foram selecionados por estes analistas para execução do estudo de caso. Por motivos de segurança da informação e acordo de divulgação, os processos selecionados não puderam ser divulgados.

Os analistas foram divididos em dois grupos de 8 analistas. Para fins de referência ao longo do texto, serão utilizados os nomes “Grupo1” e “Grupo 2”. Para divisão dos analistas em grupos, foi utilizado o seguinte critério:

Grupo1: composto por analistas que utilizaram os processos de uma empresa brasileira de óleo e gás na aplicação do estudo de caso.

O Grupo1 ficou responsável por executar o estudo de caso focado no padrão “Composição de atividades”, pois para este padrão, os dados históricos de execução são indispensáveis para posterior execução das heurísticas, e os processos selecionados pelos analistas tiveram os dados históricos de execução estimados por eles.

Grupo2: composto pelos analistas que utilizaram os processos da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) na aplicação do estudo de caso.

Uma vez que os processos selecionados pelos analistas do Grupo2 não continham os dados históricos de execução, eles ficaram responsáveis por executar o estudo de caso focado nos padrões “Aumento de poder” e “Resequenciamento”, pois para estes padrões, os dados históricos de execução não são necessários para posterior execução das heurísticas.

Em seguida, foram executadas as heurísticas e depois foram discutidos os resultados obtidos na execução do estudo de caso para cada um dos grupos, explicando as situações que as heurísticas não foram capazes de identificar, de forma que esses casos possam ser classificados. Por exemplo, se representa uma limitação da heurística, um erro de modelagem, ou falha de entendimento do analista, entre outros.

Foi analisada também a quantidade de imprecisões da heurística, ou seja, casos em que a heurística identificou e os analistas não concordaram com a indicação, e desta forma seria uma recomendação descartada pelos analistas. E também os casos em que a heurística ajudou a identificar casos válidos, que, porém, os analistas não haviam identificado na forma manual.

Por fim, foi apresentada uma consideração final sobre as heurísticas.

A seguir serão apresentados os detalhes da execução e análise do estudo de caso para cada grupo.

5.2.1 Composição de atividades (Grupo1)

Para avaliação deste padrão, o Grupo1 selecionou 9 processos. A Tabela 5 apresenta a quantidade de atividades, eventos e operadores lógicos dos processos selecionados pelos analistas.

Tabela 5 - Processos selecionados pelo Grupo1

Processos	Atividades	Eventos	Operadores lógicos
Processo 1	11	11	6
Processo 2	10	8	4
Processo 3	37	36	21

Processo 4	14	8	5
Processo 5	25	40	15
Processo 6	28	36	17
Processo 7	12	9	3
Processo 8	13	14	6
Processo 9	15	27	11
	Média de atividades	Média de eventos	Média de operadores lógicos
	18,33333333	21	9,77777778

Foi solicitado aos analistas que utilizassem a análise manual, para identificação das atividades finas e grossas nos processos. Os analistas indicaram no total **33 atividades grossas** e **57 atividades finas**, sendo 75 atividades consideradas como atividades medianas.

Em seguida o pesquisador aplicou as duas heurísticas definidas para identificação de atividades grossas e finas, e após a aplicação das heurísticas 1 e 2, foram analisados os resultados em conjunto com os analistas.

Heurística 1: Heurística baseada na teoria do diagrama de caixa (boxplot):

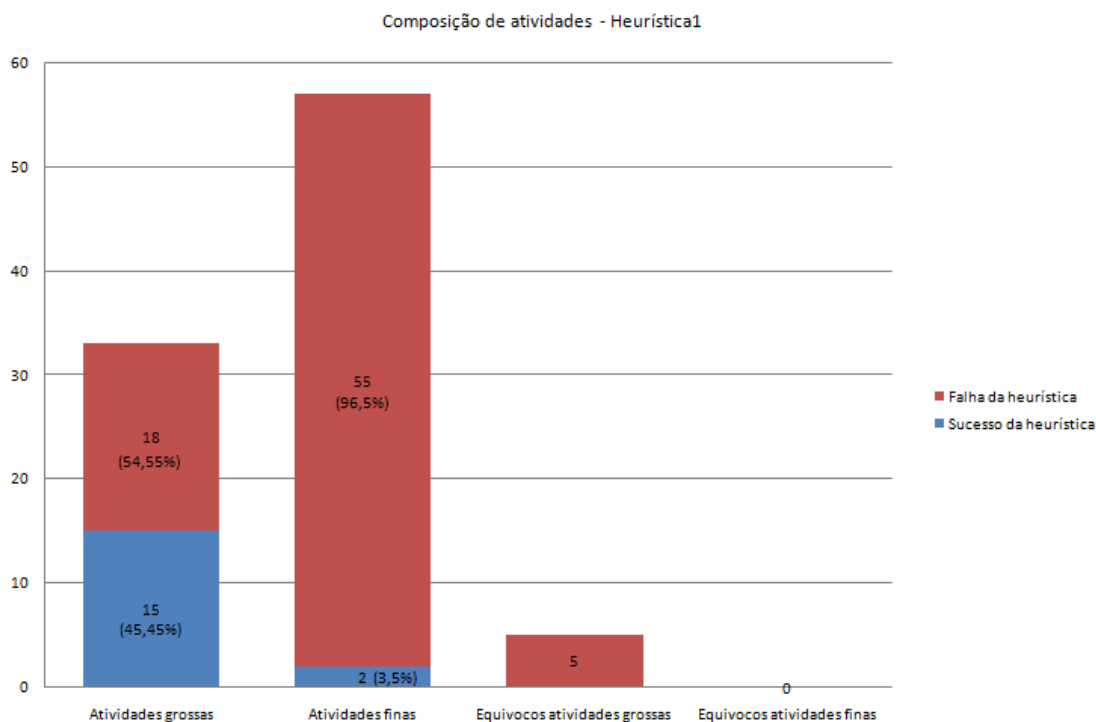


Figura 50 - Resultados da heurística 1 do padrão Composição de atividades

Das 33 atividades grossas identificadas pelos analistas, a heurística foi capaz de identificar 15 atividades (45,45% de acerto), e das 57 atividades finas indicadas pelos analistas, a heurística foi capaz de identificar apenas 2 atividades (3,5% de acerto). Além disso, a heurística identificou 5 atividades como sendo grossas que os analistas não consideram como sendo grossas, e seriam recomendações descartadas pelos analistas.

Heurística 2: Heurística baseada no percentual definido pelo usuário:

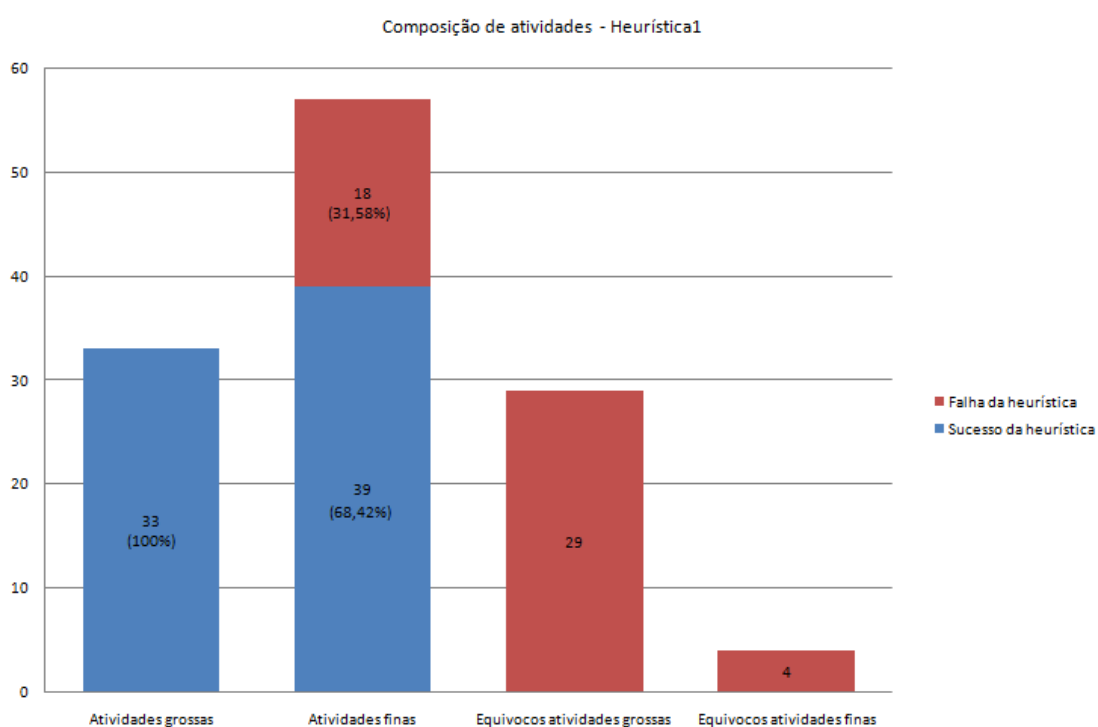


Figura 51 - Resultados da heurística 2 do padrão Composição de atividades

Para esta heurística, o usuário precisa definir o percentual como parâmetro, desta forma, o pesquisador utilizou “50%” como parâmetro do percentual definido pelo usuário, pois este seria o percentual utilizado pela maioria dos analistas, dado as indicações de atividades grossas e finas feitas por eles.

Das 33 atividades grossas identificadas pelos analistas, a heurística foi capaz de identificar todas as 33 atividades (100% de acerto), e das 57 atividades finas indicadas pelos analistas, a heurística foi capaz de identificar 39 atividades (68,42% de acerto).

Além disso, a heurística identificou 29 atividades como sendo grossas e 4 atividades como sendo finas, que os analistas não consideraram como tal, e seriam recomendações descartadas pelos analistas.

Análise das heurísticas 1 e 2:

A avaliação imediata dos resultados ao visualizar os gráficos (Figura 50 e Figura 51) indica que a segunda heurística identificou mais casos indicados pelos analistas, pois das 33 atividades grossas indicadas pelos analistas, a segunda heurística conseguiu identificar todas as 33 atividades (100% dos casos) enquanto a primeira conseguiu identificar 15 atividades (45,45% dos casos), e das 57 atividades finas indicadas pelos analistas, a segunda heurística conseguiu identificar 39 atividades (68,42% dos casos) enquanto a primeira conseguiu identificar apenas 2 atividades (3,5% dos casos).

Existe uma questão que precisa ser levada em consideração na comparação dos resultados entre as heurísticas. Dado que ambas as heurísticas utilizam a mediana dos tempos de processamento das atividades e classificam as atividades como grossas e finas de acordo com o distanciamento que seu tempo de processamento tem da mediana, a única diferença entre elas é que a primeira utiliza uma abordagem mais radical, ou seja, considera como “grossa” ou “fina” apenas aquelas com valores muito distantes da mediana, enquanto a segunda fica a cargo do analista definir o parâmetro a ser utilizado, e desta forma, possibilita que seja utilizada uma abordagem mais branda dependendo do parâmetro definido.

De acordo com as indicações dos analistas, eles possuem um pensamento conservador, por isso a segunda heurística identificou mais casos que a primeira. Contudo, se o grupo de analistas apresentasse um pensamento mais radical, a primeira heurística poderia apresentar bons resultados, sem precisar que o analista defina um parâmetro a ser utilizado.

Existiram casos em que a heurística não foi capaz de identificar a oportunidade de melhoria. Estes casos foram analisados em conjunto com os analistas, de forma a entender o motivo da imprecisão da heurística, e assim analisar se isso reflete uma necessidade de ajuste na heurística, ou limitação da heurística, ou falha dos analistas. Observou-se que o motivo desta imprecisão ocorreu porque os analistas usaram um critério diferente do empregado pela heurística. A interpretação que os analistas utilizaram para caracterizar uma atividade como grossa ou fina foi a quantidade de tarefas na atividade e sua complexidade. Enquanto que a heurística se baseia apenas no tempo de processamento, uma vez que a literatura indica o tempo de processamento como a medida de tamanho de atividades (SEIDMANN E SUNDARARAJAN, 1997 e BUZACOTT, 1996).

A segunda heurística não foi capaz de identificar 18 atividades finas (31,58% dos casos listados pelos analistas). Essas 18 atividades não foram identificadas, pois o tempo de processamento delas é maior, porém a sua complexidade e quantidade de tarefas envolvidas é muito baixa, por isso os analistas listaram como sendo atividades finas. Dessas 18 atividades, o caso em que ficou mais claro a interpretação dos analistas foi uma atividade de recuperar uma base de dados, onde o ator do processo precisa apenas restaurar um backup na base, o que representa poucos cliques, contudo o tempo em que o sistema fica carregando este backup é alto. Desta forma, a atividade é muito simples do ponto de vista do analista, e por isso foi classificada como fina, porém o tempo de processamento dela é alto (parte da atividade é realizada pelo sistema), e por isso a heurística não classificou como fina.

Estes casos representam uma limitação da heurística, pois a heurística não é capaz de identificar a complexidade da atividade.

Existem também os casos de imprecisões da heurística, onde 29 atividades foram listadas classificadas como grossa e 4 atividades como finas, e os analistas não concordam com a classificação, e desta forma descartaram essas recomendações. A primeira heurística apresentou apenas 5 casos de imprecisões, contudo o resultado só foi aparentemente melhor pelo mesmo motivo de utilizar uma abordagem mais radical que a segunda heurística.

Dado o cenário utilizado (analistas participantes e processos utilizados), a segunda heurística apresentou bons resultados conseguindo identificar todas as 33 atividades grossas (100% dos casos listados pelos analistas) e 39 atividades finas (68,42% dos casos listados pelos analistas), e desta forma há indícios de que a heurística pode ser utilizada para identificação de atividades finas e grossas.

5.2.2 Aumento de poder e Resequenciamento (Grupo2)

Para avaliação destes padrões, o Grupo2 selecionou 15 processos. A Tabela 6 apresenta a quantidade de atividades, eventos e operadores lógicos dos processos selecionados pelos analistas.

Tabela 6 - Processos selecionados pelo Grupo2

Processos	Atividades	Eventos	Operadores lógicos
Processo 10	15	25	8
Processo 11	13	12	6
Processo 12	10	10	5
Processo 13	12	2	4
Processo 14	10	2	5
Processo 15	8	2	1
Processo 16	12	10	6
Processo 17	34	29	13
Processo 18	11	3	5
Processo 19	21	16	9
Processo 20	44	36	16
Processo 21	14	7	7
Processo 22	9	2	4
Processo 23	13	3	5
Processo 24	14	43	14

	Média de atividades	Média de eventos	Média de operadores lógicos
	16	13,46666667	7,2

Foi solicitado aos analistas que utilizassem a análise manual, para identificação das tomadas de decisões e aprovações sendo realizadas por alguém apenas porque o executor não tinha poder para isso (padrão Aumento de poder), as atividades similares (padrão Resequenciamento), e atividades que poderiam ser postergadas (padrão Resequenciamento). Os analistas indicaram no total **27 atividades** que representam tomadas de decisões ou aprovações sendo realizadas por alguém apenas porque o executor não tinha poder para isso, **12 atividades** que poderiam ser postergadas, e **17 duplas de atividades** consideraram ser similares.

Em seguida o pesquisador aplicou as três heurísticas definidas para identificação de tomadas de decisões ou aprovações (sendo realizadas por outro ator do processo apenas porque o executor original não tinha poder para isso), atividades similares, e atividades que poderiam ser postergadas, e foi realizada a análise dos resultados em conjunto com os analistas.

Heurística 4: Heurística para identificação de tomadas de decisões ou aprovações sendo realizadas por alguém apenas porque o executor não tinha poder para isso:

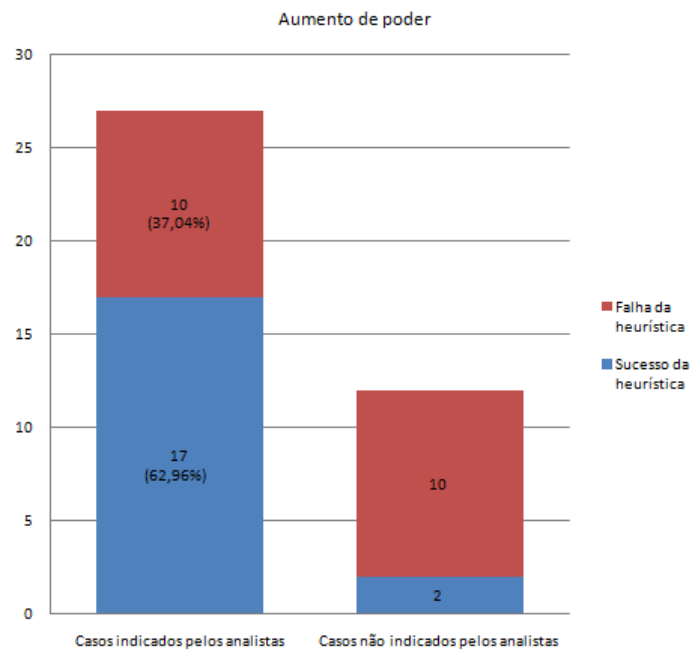


Figura 52 - Resultados da heurística do padrão Aumento de poder

Das 27 atividades indicadas pelos analistas como tomadas de decisões ou aprovações sendo realizadas por alguém apenas porque o executor não tinha poder para isso, a heurística foi capaz de identificar 17 atividades (62,96% de acerto). Além disso, a heurística identificou 12 atividades que os analistas não haviam indicado, e eles concordaram que 2 atividades representam casos válidos, ou seja, esses casos tinham passado despercebido pelos analistas e a heurística ajudou na falha humana. As demais 10 atividades representam imprecisões da heurística, e seriam recomendações descartadas pelos analistas.

As 10 atividades que a heurística não foi capaz de identificar foram analisadas em conjunto com os analistas, e foi verificado que 8 atividades representam aprovações sendo realizadas, porém existe erro de modelagem. Não fica explícito no modelo que após a atividade o item avaliado pode ser “aprovado” ou “reprovado”. De acordo com o modelo, o item sempre seria aprovado. A Figura 53 apresenta um exemplo:

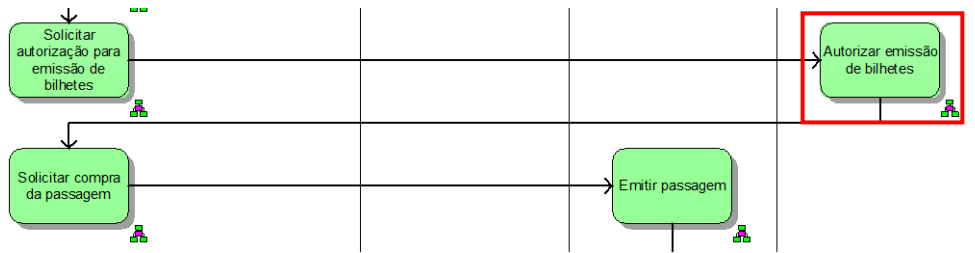


Figura 53 - Exemplo de aprovação com possível “erro de modelagem”

De acordo com o exemplo acima, a emissão dos bilhetes é sempre autorizada, pois não existe explícito no fluxo que ela pode ser autorizada ou recusada, embora o analista por conhecer o processo saiba que é possível que seja recusada. Para estes casos, a heurística não é capaz de identificar, pois existe um possível erro de modelagem, porém caso estivesse corretamente modelado, a heurística teria identificado esses 8 casos.

As 2 atividades restantes representam uma limitação da heurística dada a forma utilizada na modelagem. A Figura 54 apresenta a situação dessas 2 atividades:

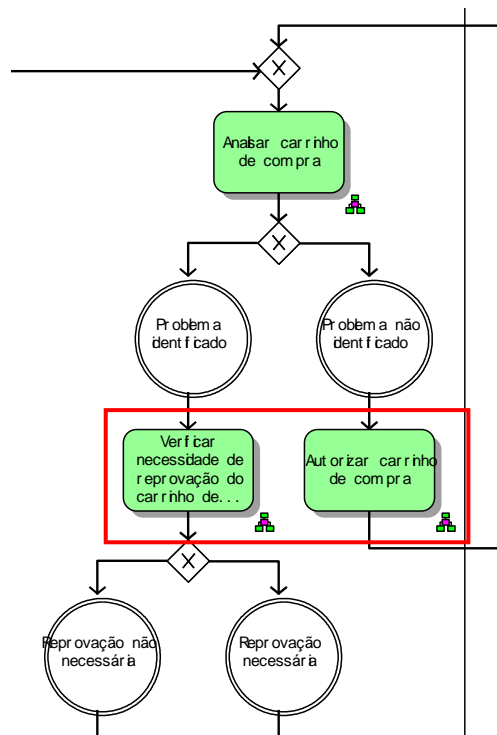


Figura 54 - Exemplo contendo a limitação da heurística de Aumento de poder

No exemplo acima, o analista listou as atividades “Verificar necessidade de reprovação do carrinho de compra” e “Autorizar carrinho de compra” como sendo as atividades de tomada de decisão e aprovação sendo realizadas por alguém apenas porque o executor não tinha poder para isso, contudo a heurística só conseguiu identificar a atividade “Analisar carrinho de compra”.

Em análise conjunta com o analista, verificou-se que a atividade “Analisar carrinho de compra” representa apenas uma verificação, onde é constatado se existe problema ou não no carrinho de compra, e as atividades de tomada de decisão e aprovação estão de fato nas atividades “Verificar necessidade de reprovação do carrinho de compra” e “Autorizar carrinho de compra”. Desta forma, identificou-se uma limitação da heurística, caso a modelagem apresente uma atividade intermediária antes da tomada de decisão ou aprovação.

De acordo com as análise acima, caso os modelos não apresentassem os possíveis erros de modelagem, as 8 atividades de aprovação teriam sido identificadas pela heurística, e desta forma a heurística seria capaz de identificar 25 atividades das 27 indicadas pelos analistas (92,59% dos casos).

Além disso, de acordo com Figura 52, a heurística identificou 12 atividades que os analistas não haviam indicado, e eles concordaram que 2 atividades representam casos válidos, ou seja, esses casos tinham passado despercebidos pelos analistas, e a heurística ajudou na falha humana. Para as demais 10 atividades, os analistas consideraram como sendo simples verificações, sem representar uma tomada de decisão ou aprovação, e por isso seriam recomendações da heurística descartadas pelos analistas.

Dado o cenário utilizado (analistas participantes e processos utilizados), a heurística apresentou bons resultados, pois sem os erros de modelagem teria conseguido

identificar 25 atividades das 27 indicadas pelos analistas (92,59% dos casos), além de ajudar na falha humana com os 2 casos que passaram despercebidos pelos analistas.

Heurística 5: Heurística para identificação atividades que podem ser postergadas:

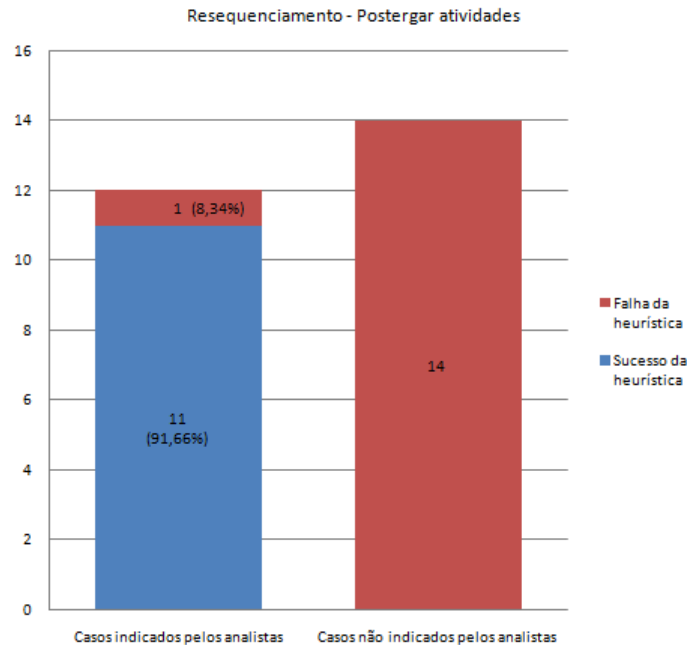


Figura 55 - Resultados da heurística de postergar atividades do padrão Resequenciamento

Das 12 atividades indicadas pelos analistas como atividades que poderiam ser postergadas, a heurística foi capaz de identificar 11 atividades (91,66% de acerto). Além disso, a heurística identificou 14 atividades que os analistas não haviam indicado, porém os analistas não concordaram com nenhuma indicação. Desta forma, representam imprecisões da heurística, e seriam recomendações descartadas pelos analistas.

A única atividade que a heurística não foi capaz de identificar foi analisada em conjunto com o analista, e foi verificado que representa uma limitação da heurística, pois embora a segunda atividade utilize como entrada algo que aparece como saída na primeira atividade, não existe dependência entre elas, ou seja, a primeira não precisa ser executada antes da segunda. A Figura 56 apresenta o caso:

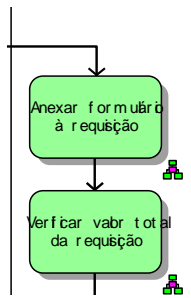


Figura 56 - Exemplo contendo a limitação da heurística de identificação de atividades que podem ser postergadas

De acordo com o exemplo acima, a atividade “Anexar formulário à requisição” tem como saída o documento “Requisição” que também aparece como entrada na atividade “Verificar valor total da requisição”, contudo, a segunda atividade não é dependente da primeira, pois a requisição aparece como saída na atividade “Anexar formulário à requisição” apenas porque ao anexar o formulário a requisição está sendo atualizada, e na atividade “Verificar valor total da requisição” a requisição aparece como entrada, pois ela é necessária para verificar o valor total da requisição, contudo não é necessário ter o formulário anexado para isto.

A Figura 55 mostra que a heurística identificou 14 atividades que os analistas não haviam indicado, porém nenhuma das 14 atividades foi considerada como caso válido pelos analistas e seriam recomendações descartadas. Em análise conjunta com os analistas, foram identificadas duas situações que levaram aos analistas não considerarem esses casos válidos: 1) As modelagens podem apresentar falta de detalhes, de forma que atividades dependentes, não tenham entradas e saídas explicitando essa dependência entre as atividades; 2) Embora não exista a dependência de entradas e saídas, pode acontecer de atividades terem dependência cronológica, onde não é possível executar as atividades em ordem diferente.

Dado o cenário utilizado (analistas participantes e processos utilizados), a heurística apresentou bons resultados, pois conseguiu identificar 11 atividades das 12 indicadas pelos analistas (91,66% dos casos).

Heurística 6: Heurística para identificação atividades similares:

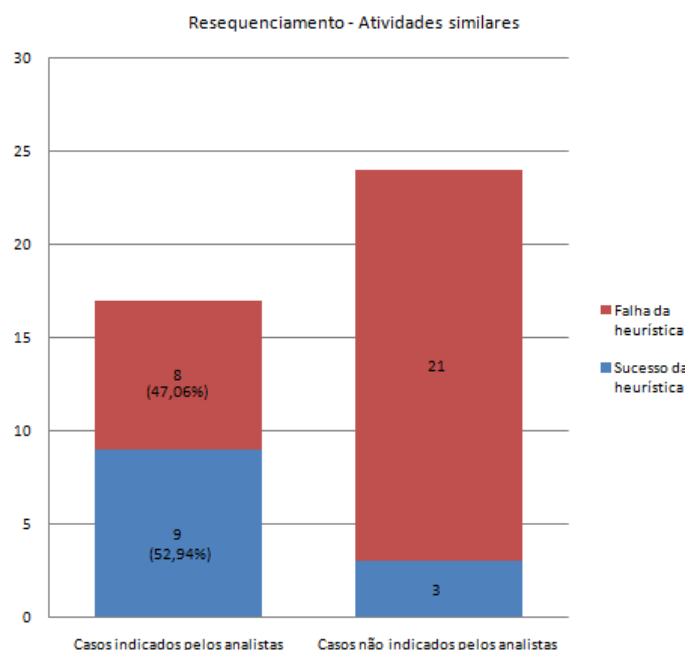


Figura 57 - Resultados da heurística de atividades similares do padrão Resequenciamento

Das 17 duplas de atividades indicadas pelos analistas como atividades similares, a heurística foi capaz de identificar 9 duplas de atividades (52,94% de acerto). Além disso, a heurística identificou 24 duplas de atividades que os analistas não haviam indicado, e eles concordaram que 3 duplas de atividades representam casos válidos, ou seja, esses casos tinham passado despercebido pelos analistas e a heurística ajudou na falha humana. As demais 21 duplas de atividades representam imprecisões da heurística, e seriam recomendações descartadas pelos analistas.

As 8 duplas de atividades que a heurística não foi capaz de identificar foram analisados em conjunto com os analistas, e foi verificado que representam limitações da heurística, que podem ser divididos em dois casos:

O primeiro caso que engloba 1 das 8 duplas, representa uma situação de modelagem onde duas atividades totalmente diferentes no modelo representam a mesma atividade a ser realizada. As atividades de nome “Prover acesso aos diretórios” e “Solucionar problema” representam exatamente a mesma atividade, pois o acesso nos diretórios é provido, e depois o solicitante verifica se está correto, e caso não esteja é solicitado que o problema seja corrigido, e então a atividade “Solucionar problema” é executada, porém essa atividade nada mais é do que refazer o que foi feito na atividade “Prover acesso aos diretórios”.

O segundo caso que engloba as demais 7 duplas, representam atividades onde a ação sendo executada é parecida, porém o que está sendo tratado na atividade é diferente. O motivo é que os analistas tiveram como interpretação de atividades similares, atividades onde a tarefa realizada é similar, mesmo que tratando de entradas e saídas completamente distintas. A dupla de atividades “Notificar não atendimento à solicitação” e “Notificar finalização de provisão de acesso” representam notificações de situações distintas, porém como ambas significam apenas realizar uma notificação, os analistas consideraram como sendo similares.

A Figura 57 mostra que a heurística identificou 24 duplas de atividades que os analistas não haviam indicado. Uma vez que a heurística retorna todas as duplas de atividades ordenadas de acordo com o percentual de palavras coincidentes, para análise dos resultados foram utilizadas as três primeiras duplas de cada processo com atividades similares indicadas pelos analistas, pois verificar todas as duplas daria muito trabalho. Desta forma, as duplas de atividades contidas nas três duplas mais similares retornadas pelas heurísticas, que os analistas não haviam indicado, foram verificadas pelos analistas se concordam que representam atividades similares.

Das 24 duplas de atividades que os analistas não haviam indicado, eles concordaram que 3 duplas de atividades representam casos válidos, ou seja, esses casos tinham passado despercebido pelos analistas e a heurística ajudou na falha humana. Para os demais 21 casos, a heurística considerou como atividades semelhantes devido à quantidade de palavras coincidentes, contudo os analistas não consideraram semelhantes, pois não representam atividades onde a tarefa realizada é similar, mesmo que tratando de entradas e saídas iguais.

Dado o cenário utilizado (analistas participantes e processos utilizados), a heurística apresentou resultados medianos, pois conseguiu identificar apenas 9 duplas de atividades das 17 indicadas pelos analistas (52,94% dos casos). Contudo, a heurística ajudou na falha humana com os 3 casos que passaram despercebidos pelos analistas.

5.3 Resumo

Neste capítulo foi apresentado o estudo de caso realizado para avaliação das heurísticas propostas nesta dissertação.

O estudo de caso contou com 16 analistas de processos que utilizaram 24 processos para identificação de oportunidades de melhoria. Os resultados da identificação manual realizada pelos analistas foram comparados com os resultados das heurísticas, e as divergências foram discutidas em conjunto com os analistas, onde foi percebido os indícios de confiabilidade das heurísticas.

No capítulo seguinte são apresentadas as conclusões desta dissertação, contendo as considerações finais, as principais contribuições, limitações da proposta e trabalhos futuros.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

REIJERS e MANSAR (2005) apresentam um *survey* contendo uma abordagem para melhoria de processos baseada em padrões (boa prática) de redesenho de processos. Eles propõem que, assumindo certos objetivos relacionados a perspectivas de tempo, qualidade, custo e flexibilidade, um analista pode utilizar a lista de padrões por ele proposta para avaliar e melhorar um processo existente.

No entanto, POURSHAHID (2010) aponta que a escolha destes padrões é muito custosa, uma vez que é necessário analisar todo o processo de negócio para identificar quais padrões deveriam ser aplicados em cada um dos fragmentos do processo.

Neste trabalho, foi proposto um conjunto de heurísticas para identificação das oportunidades de melhoria, ou seja, partes do processo onde determinados padrões poderiam ser aplicados. Além disso, um método de suporte a tomada de decisão foi adaptado para apoiar a aplicação das heurísticas.

As heurísticas foram avaliadas através de um estudo de caso onde 16 analistas de processos selecionaram 24 processos de negócio, e em seguida buscaram pontos nos processos em que aconteçam as situações descritas nos padrões de REIJERS e MANSAR (2005), verificando manualmente o modelo a fim de identificar as oportunidades de melhoria.

Em seguida, foram aplicadas as heurísticas definidas neste trabalho, e através dos resultados coletados com a aplicação do estudo de caso pelos analistas e os resultados retornados pelas heurísticas, foi analisado em conjunto com os analistas se

houve casos não identificados pelas heurísticas que foram identificados na forma manual pelos analistas, de forma a analisar as limitações da proposta, e também se houve casos identificados pelas heurísticas que não chegaram a ser identificados na forma manual pelos analistas, de forma a analisar se representa uma ajuda à falha humana ou imprecisão das heurísticas, sendo uma recomendação que seria descartada pelo analista.

Em relação à questão abordada neste trabalho, o estudo de caso demonstrou que há indícios de que as heurísticas para identificação de atividades grossas e finas, tomadas de decisão e aprovações sendo feitas por alguém porque o executor não tinha poder para isso, e atividade que poderiam ser postergadas, são capazes de identificar as oportunidades de melhoria com resultados confiáveis, ou seja, parecidos com a identificação humana manual. Para a heurística de identificação de atividades similares, os analistas tiveram como interpretação de atividades similares, atividades onde a tarefa realizada é similar, mesmo que tratando de entradas e saídas completamente distintas, e desta forma algumas atividades similares listadas pelos analistas não foram identificadas pela heurística. As heurísticas demonstraram também que para alguns casos ajudam na falha humana, ou seja, identificam casos que podem passar despercebidos pelos analistas.

Ainda em relação à questão abordada nesta dissertação, as heurísticas são sistemáticas, uma vez que foram formalizadas de forma que apresentam uma sequência de passos com resultado único, e poderiam ser implementadas em uma aplicação computacional em trabalho futuro.

6.1 Contribuições do trabalho

A contribuição principal deste trabalho é a definição das heurísticas para identificação das oportunidades de melhoria de forma sistemática, atingindo resultados semelhantes à identificação manual das oportunidades de melhoria.

Além disso, um método foi adaptado para apoiar a aplicação das heurísticas, de forma que haja uma resolução de conflitos, nos casos em que mais de uma oportunidade de melhoria seja identificada para um mesmo ponto do processo.

Cabe destacar também como contribuição, a fórmula proposta para verificação de atividades que poderiam ser unificadas, embora não tenha sido possível avaliá-la no estudo de caso, pois seria necessário modificar os processos para poder avaliar a sua confiabilidade, ou seja, avaliar se realmente foi vantajoso unificar as atividades.

6.2 Limitações

Este trabalho possui alguns pontos específicos que restringem a sua aplicação. Dado que a aplicação das heurísticas depende de modelos contendo determinadas informações presentes, a proposta não é aplicável a modelos que não contenham as informações necessárias descritas no meta-modelo apresentado na Seção 4.2 deste trabalho.

É importante ressaltar que a proposta é dependente da análise humana ao final da aplicação do método, pois o analista precisa verificar as recomendações geradas para definir quais serão implementadas ou não, visto que algumas recomendações podem ser descartadas pelos analistas.

6.3 Trabalhos futuros

Durante o decorrer da pesquisa foram identificados os seguintes trabalhos futuros:

- Implementação de uma ferramenta para execução do método.

- Avaliação da redução de tempo gasto pelos analistas na comparação da execução manual versus aplicação do método;
- Definição, formalização e avaliação de heurísticas para os outros padrões fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005);
- Avaliação da fórmula matemática proposta para verificação de atividades sequenciais que poderiam ser agrupadas em uma única atividade;
- Aperfeiçoamento da heurística de identificação de atividades similares para identificação de atividades que realizam ações semelhantes, conforme interpretação que os analistas tiveram para atividades similares;
- Aperfeiçoamento da heurística de identificação de atividades grossa e finas para utilização do conceito de complexidade, conforme interpretação que os analistas tiveram para atividades grossas e finas, embora a heurística atual tenha apresentado bons resultados.
- Aperfeiçoamento da fórmula de unificação de atividades para considerar a possibilidade de consecutivas falhas na mesma atividade.

6.4 Considerações finais

Este trabalho apresentou uma proposta para identificação de oportunidades de melhoria que visa facilitar o trabalho dos analistas de processo na tarefa de realizar a melhoria de um processo de negócio, questão que tem recebido cada vez mais atenção nas organizações e trabalhos acadêmicos.

Visando fornecer mecanismos claros de como ir do “as-is” para o “to-be”, REIJERS e MANSAR (2005) forneceram um conjunto de padrões para melhoria de processos. Este trabalho visou auxiliar ainda mais nestes mecanismos, de forma a

sistematizar a identificação de pontos nos processos onde determinados padrões de redesenho fornecidos por REIJERS e MANSAR (2005) poderiam ser aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAHARI, A., MITHAL, S., BHAT, J. M. Pattern-Based Process Optimizer. U.S. Patent Application 12/317,932 – 2010.
- BUZACOTT, JA. Commonalities in reengineered business process: models and issues. *Management Science* 1996; 42(5): 768-82.
- DAVENPORT, T. H., SHORT, J. E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review* – 1990 – 31(4):11–27.
- DESEL, J. Process modeling using petri nets. *Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software through Process Technology* – 2005 – 147-177.
- DIJKMAN, R.M., DUMAS, M., GARCÍA-BAÑUELOS, L.: Graph matching algorithms for business process model similarity search. In *BPM. LNCS 5701*. (2009) 48-63.
- EHRIG, M., KOSCHMIDER, A., OBERWEIS, A.: Measuring similarity between semantic business process models. In *APCCM. CRPIT 67*, Austral. Comp. Soc. (2007) 71-80.
- ERIKSSON, H., PENKER, M. *Business Modeling with UML: Business Patterns at Work*. 2000. John Wiley & Sons Inc., Canada.
- FORSTER, F. The Idea behind Business Process Improvement: Toward a Business Process Improvement Pattern Framework. 2006 - <http://www.bptrends.com/publicationfiles/04-06-ART-PatternFramework-Forster.pdf> - (acessado em Janeiro 2013)
- GARTNER. Meeting the challenge: The 2009 CIO Agenda. 2009 – <http://www.gartner.com>.
- HAMMER, M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Harvard Business Review* – 1990 – pp. 70–91.

- HEMERT, J. V., BALDOCK, R. Mining Spatial Gene Expression Data for Association Rules. BIRD 2007, LNBI 4414, Springer, p. 66-76.
- JACCARD, P. The distribution of flora in the alpine zone. In: *The New Phytologist*, vol. 11(2), 1912, p. 37–50.
- JOSUTTIS, N. M., SOA in Practice – The Art of Distributed System Design, Beijing; Cambridge; Farnham; Köln; Paris; Sebastopol; Taipei; Tokyo: O’Reilly, 2007, 324 p. Bibliografia: ISBN-10: 0-596-52955-4 / ISBN-13: 978-0-596-52955-0.
- LEOPOLD, H., EID-SABBAGH, R.-H., MENDLING, J., AZEVEDO, L. G., BAIÃO, F. A. Detection of naming convention violations in process models for different languages, *Decis. Support Syst.*, Jul. 2013.
- MAGALHAES, A. CAPPELLI, C.; BAIÃO, F.; SANTORO, F.M.; IENDRIKE, H. S.; ARAUJO, R. M.; NUNES, V.T. Uma Estratégia para Gestão Integrada de Processos e Tecnologia da Informação através da Modelagem de Processos de Negócio em Organizações. *Revista Científico – Faculdade Ruy Barbosa – 2007 – ISSN: 1677-1591*. pp. 45-53.
- MANSAR, L. S., REIJERS, H. A. Best Practices in Business Process Redesign: Use and Impact. *Business Process Management Journal*, 13(2) – 2007 – pp. 193-213.
- MANSAR, S. L., REIJERS, H. A., OUNNAR, F. Development of a decision-making strategy to improve the efficiency of BPR. *Expert Systems with Applications*, 36 – 2009 – pp. 3248 – 3262.
- MCGILL, R., TUKEY, J. W., LARSEN, W. A. Variations of box plots. In *The American Statistician*, 1978, 32(1), 12-16.
- NETJES, M. *Process Improvement: The Creation and Evaluation of Process Alternatives*. Eindhoven: Eindhoven university press, 2010.
- NETJES, M., REIJERS, H. A., VAN DER AALST, W. M. P. The PrICE Tool Kit: Tool Support for Process Improvement. In M. La Rosa, editor, *Business Process Management Demonstration Track: BPM 2010*, volume 615, 2010. <http://ceur-ws.org/Vol-615>.
- NETJES, M., MANSAR, S. L., REIJERS, H. A., AALST, W. M. P. Performing Business Process Redesign with Best Practices: An Evolutionary Approach. In: *ICEIS*, 2009, pp. 199-211. Springer Press, Heidelberg.
- POURSHAHID, A., MUSSBACHER, G., AMYOT, D., WEISS, M. An Aspect-Oriented Framework for Business Process Improvement. – 2010 – *E-Technologies: Innovation in an Open World*, Vol. 26. Springer Berlin Heidelberg, p. 290.

- REIJERS, H.A., MANSAR, S.L. Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. – 2005 – Omega 33, 283–306.
- ROSEMANN, M. Potential Pitfalls of Process Modeling: Part A. – 2006 – Business Process Management Journal 12(2) 249–254
- SEIDMANN, A., SUNDARARAJAN, A. The effects of task and information asymmetry on business process redesign. International Journal of Production Economics 1997; 50(2/3): 117-28.
- SOUZA, A., AZEVEDO, L., SANTORO, F. Um método para seleção de padrões para melhoria de processos de negócio. In: VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 2012a, São Paulo, SP, Brasil.
- SOUZA, A., AZEVEDO, L., SANTORO, F. Melhoria de processos de negócio: Sistematizando a seleção de padrões de redesenho. In: Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, 2012b, ISSN: 1677-3071 doi:10.5329/RESI.
- THOM, L.H, IOCHPE, C., CHIAO, C. Padrões de Workflow para Reuso em Modelagem de Processo de Negócio, 2007.
- VAN DER AALST, W. M. P. Reengineering knock-out processes. Decision Support Systems 2000; 30(4): 451-68.
- VAN DER AALTS, W. M. P., TER HOFSTEDÉ, A. H., KEIPUSZEWSKI, B., BARROS, A. P. Workflows patterns. Distributed and parallel databases 2003; 14(1), 5-51.
- VAN DONGEN, B.F., DIJKMAN, R.M., MENDLING, J.: Measuring similarity between business process models. In: CAiSE. LNCS 5074 (2008) 450-464.
- VAN PUTTEN, B.-J., ROMEIRO, C. DA S. C., AZEVEDO, L. G. Decision Support by Automatic Analysis of Business Process Models. – 2011 – ECIS 2011 Proceedings.
- WEIDLICH, M., DIJKMAN, R., MENDLING, J.: The iCoP framework: Identification of correspondences between process models. In: Pernici, B. (ed.) CAiSE 2010. LNCS, vol. 6051, pp. 483–498. Springer, Heidelberg.
- WESKE, M., Business Process Management – Concepts, Languages, Architectures, Verlag; Berlin; Heidelberg: Springer, 2012, 403 p. Bibliografia: ISBN, 978-3-642-28615-5.
- YAN, Z., DIJKMAN, R., GREFEN, P. Fast business process similarity search with feature-based similarity estimation, in: On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2010, Vol. 6426 of LNCS, Springer, pp. 60-77.

YIN R. K. Estudo de caso: Planejamento e Métodos. Traduzido por Daniel Grassi.
2005. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman.

ANEXO 1 – EXPRESSÕES UTILIZADAS NAS FORMALIZAÇÕES

Essa seção introduz a terminologia básica e a notação utilizada para lógica de primeira ordem, conjuntos, grafos, Petri nets, modelos de processo e suas anotações. O conhecimento destas terminologias e notações é necessário para o entendimento das formalizações feitas ao longo da proposta deste trabalho.

Definição 1 (Operadores lógicos). Os operadores lógicos básicos são:

- $\neg p$ é uma **negação** e é verdadeiro, se e somente se, p é falso.
- $p \wedge q$ é uma **conjunção** e é verdadeiro, se e somente se, p e q são verdadeiros.
- $p \vee q$ é uma **disjunção** e é verdadeiro, se e somente se, p ou q são verdadeiros.
- $p \Rightarrow q$ é uma **implicação** e é falso, se e somente se, p é verdadeiro e q é falso.
- $p \Leftrightarrow q$ é uma **equivalência** e é verdadeiro, se e somente se, $p \Rightarrow q$ e $q \Rightarrow p$. Ou seja, p e q possuem os mesmo valores (falso ou verdadeiro).

Definição 2 (Quantificadores). Existem dois quantificadores:

- \forall é o **quantificador universal**, e significa “para todo”.
- \exists é o **quantificador existencial**, e significa “existe”.

Definição 3 (Notação de conjuntos). As notações padrões para conjuntos são:

- $S = \{s_1, s_2\}$ é um **conjunto** S composto de dois elementos s_1 e s_2 . Usamos $\{ \}$ para enumerar os elementos em um conjunto.
- $s \in S$ implica que s é um **membro** de S , ou seja, o elemento s está contido em S .
- $|S|$ é a **cardinalidade** ou o tamanho do conjunto finito S , ou seja, é o número de elementos em S .
- $S_1 \subseteq S$ implica que o conjunto S_1 é um **subconjunto** de S , ou seja, todo elemento de S_1 também está em S .
- $P(S) = \{S_1 \mid S_1 \subseteq S\}$ é o **conjunto das partes** de S , ou seja, o conjunto de todos os subconjuntos de S .
- $S = S_1 \cup S_2$ é a **união** dos conjuntos S_1 e S_2 , ou seja, S contém todos os elementos de S_1 e S_2 .
- $S = S_1 \cap S_2$ é a **interseção** dos conjuntos S_1 e S_2 , ou seja, S contém os elementos que estão contidos em S_1 e S_2 .
- $S_1 = S_2$ implica que os conjuntos S_1 e S_2 são **iguais**, ou seja, $S_1 \subseteq S_2 \wedge S_2 \subseteq S_1$.
- $S = S_1 - S_2$ é a **diferença** entre os conjuntos S_1 e S_2 , ou seja, $S_1 - S_2 = \{s \mid s \in S_1 \wedge s \notin S_2\}$.
- $S = S_1 \times S_2$ é o **produto cartesiano** entre os conjuntos S_1 e S_2 , ou seja, $S = \{(s_1, s_2) \mid s_1 \in S_1 \wedge s_2 \in S_2\}$.
- \emptyset é o **conjunto vazio**.

Definição 4 (Multiconjuntos).

- $X : S \rightarrow \mathbb{N}$ é um **multiconjunto** onde X é a função de S para números naturais. Usamos colchetes para enumerar os elementos de um multiconjunto, ex. seja $[a^2, b, c^5]$ o multiconjunto de $S = \{a, b, c, d\}$:
 $X(a) = 2, X(b) = 1, X(c) = 5, X(d) = 0$

Definição 5 (Notação de multiconjuntos). Seja $X : S_1 \rightarrow \mathbb{N}$ e $Y : S_2 \rightarrow \mathbb{N}$ dois multiconjuntos. As notações padrões para multiconjuntos são:

- a é um **elemento** onde X se e somente se $a \in S_1$ e $X(a) > 0$
- $|S| = \sum_{a \in S_1} X(a)$ é a **cardinalidade** ou o tamanho de X , ou seja, é o número de elementos em X considerando a repetição de cada elemento.
- $X \leq Y$ implica que X é um **submulticonjunto** de Y , ex. $\forall_{a \in S_1} : X(a) \leq Y(a)$.
- $X = Y$ implica que X e Y são **iguais**, ex. $\forall_{a \in S_1 \cup S_2} : X(a) = Y(a)$.
- $Z = X \cup Y$ é a **união** de X e Y , ex. é a função de $S_1 \cup S_2$ para \mathbb{N} ,
 $Z : S_1 \cup S_2 \rightarrow \mathbb{N}$, onde $Z(a) = \max(X(a), Y(a))$.
- $Z = X \cap Y$ é a **interseção** de X e Y , ex. é a função de $S_1 \cup S_2$ para \mathbb{N} ,
 $Z : S_1 \cup S_2 \rightarrow \mathbb{N}$, onde $Z(a) = \min(X(a), Y(a))$.
- $Z = X \overset{+}{\cup} Y$ é a **soma** de X e Y , ex. é a função $Z : S_1 \cup S_2 \rightarrow \mathbb{N}$, onde para todo $a \in S_1 \cup S_2$ assegura que $Z(a) = X(a) + Y(a)$.
- $Z = X \overset{+}{\cap} Y$ é a **soma da interseção** de X e Y , ex. é a função de $S_1 \cup S_2$ para \mathbb{N} , onde para todo $a \in X \cap Y$ assegura que $Z(a) = X(a) + Y(a)$.

- $Z = X - Y$ é a **diferença** entre X e Y , ex. é a função $Z: S' \rightarrow N$ com $S' = \{a \in S_1 \mid X(a) - Y(a) > 0\}$.

Definição 6 (Relação). Sejam S_1 e S_2 dois conjuntos não vazios:

- $R \subseteq S_1 \times S_2$ é a **relação** entre os conjuntos S_1 e S_2 .
- S_1 é o **domínio** da relação R .
- S_2 é a **imagem** da relação R .

Definição 7 (Função). Sejam S_1 e S_2 dois conjuntos. Então $f: S_1 \rightarrow S_2$ é uma função f de S_1 para S_2 com:

- $f \subseteq S_1 \times S_2$
- $\forall s_1 \in S_1 : \exists s_2 \in S_2 : (s_1, s_2) \in f$
- $\forall s_1, s_2, s_3 \in S_1 : ((s_1, s_2) \in f \wedge (s_1, s_3) \in f) \Rightarrow s_2 = s_3$

Definição 8 (Grafos). Um grafo $G = (N, E)$ consiste de dois conjuntos N e E :

- N é um conjunto finito não vazio de **nós**.
- $E \subseteq N \times N$ é um conjunto finito não vazio de **arestas** (direcionadas).

Definição 9 (Petri Net). Uma Petri net é uma tripla (S, T, F) com:

- S é um conjunto finito não vazio de **posições**.
- T é um conjunto finito não vazio de **transições**.
- $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$ é um conjunto de **arestas** (direcionadas) (relação de fluxo).

Definição 10 (Conjunto de predecessores e Conjunto de posteriores). Seja $PN = (S, T, F)$ uma Petri net com $x, y \in S \cup T$ e X um conjunto dos nós em $S \cup T$:

- $\bullet x = \{y \mid (y, x) \in F\}$ é o conjunto de **predecessores** de x .
- $x\bullet = \{y \mid (x, y) \in F\}$ é o conjunto de **posteriores** de x .
- $\bullet X = \bigcup_{x \in X} \bullet x$ é o conjunto de **predecessores** de X .
- $X\bullet = \bigcup_{x \in X} x\bullet$ é o conjunto de **posteriores** de X .

Definição 11 (Modelo de processo). Uma Petri net $PN = (S, T, F)$ é um modelo de processo se, e somente se:

- Existe uma posição de origem $i \in S$ tal que $\bullet i = \emptyset$.
- Existe uma posição de destino $o \in S$ tal que $o\bullet = \emptyset$.
- Todo nó $x \in S \cup T$ está num caminho de algum i até algum o .

Definição 12 (Modelo de processo anotado). A 11-tupla $S = (S, T, F, D, D_I, D_O, R, A, PT, ST, FT)$ é um modelo de processo anotado se:

- (S, T, F) é um **modelo de processo**.
- D é um conjunto de **elementos de dados**.
- $D_I \in T \rightarrow P(D)$ relaciona transições a conjuntos de **elementos de dados de entrada**.
- $D_O \in T \rightarrow P(D)$ relaciona transições a conjuntos de **elementos de dados de saída**.
- R é um conjunto finito de **papeis**.

- $A \in T \rightarrow R$ **associa um papel** a cada transição.
- $PT \in T \rightarrow R_+^*$ **associa um tempo de processamento** em minutos representado por um número real positivo a cada transição.
- $ST \in T \rightarrow R_+^*$ **associa um tempo de iniciação** em minutos representado por um número real positivo a cada transição.
- $FT \in T \rightarrow R_+$ associa uma probabilidade de falha representada por um número real entre 0 e 1 a cada transição.