



UNIVERSIDADE  
Estadual de Londrina

---

RAFAEL THIAGO DA SILVA

**GAIA DECISÕES - UMA ABORDAGEM PARA O  
PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO DE FORMA  
COLABORATIVA**

---

LONDRINA-PR

2016



RAFAEL THIAGO DA SILVA

**GAIA DECISÕES - UMA ABORDAGEM PARA O  
PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO DE FORMA  
COLABORATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Ciência da Computação da  
Universidade Estadual de Londrina para ob-  
tenção do título de Mestre em Ciência da  
Computação.

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo Miranda de  
Barros

**LONDRINA-PR**

**2016**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva, Rafael Thiago da.

GAIA Decisões - Uma abordagem para o processo de tomada de decisão de forma colaborativa / Rafael Thiago da Silva. - Londrina, 2016.  
87 f. : il.

Orientador: Rodolfo Miranda de Barros.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Tomada de decisões colaborativa - Teses. 2. Analytic Hierarchy Process - Teses. 3. Decisões colaborativas - Teses. 4. Apoio a tomada de decisão - Teses. I. Barros, Rodolfo Miranda de . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

RAFAEL THIAGO DA SILVA

**GAIA DECISÕES - UMA ABORDAGEM PARA O  
PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO DE FORMA  
COLABORATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Ciência da Computação da  
Universidade Estadual de Londrina para ob-  
tenção do título de Mestre em Ciência da  
Computação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros  
Universidade Estadual de Londrina  
Orientador

---

Prof. Dr. Bruno Bogaz Zarpelão  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Elieser Botelho Manhas Junior  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Rodrigo Sanches Miani  
Universidade Federal de Uberlândia

Londrina-PR, 13 de Abril de 2016



*Dedico este trabalho à minha família e amigos.*





## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros que me deu a oportunidade de participar do seu grupo de pesquisa, além do apoio, compreensão e orientação.

Aos meus familiares, por todo suporte que me foi dado para que este objetivo pudesse ser alcançado. Em especial à minha mãe, por me suportar durante este período; e à minha irmã, por estar sempre disposta a ajudar.

À Daniela Alfieri, por me abrir os olhos para as oportunidades e incentivar à aproveitá-las.

Aos colaboradores e amigos, Everton Gomedes, Armando Toda e Felipe Werner, por todos os conselhos, dicas e auxílio com o projeto.

A todos meus amigos, pela ajuda e torcida.

E a todos que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.



*"Toda decisão acertada é proveniente de experiência.  
E toda experiência é proveniente de uma decisão não acertada.  
(Autor desconhecido)*



SILVA, R. T.. **GAIA Decisões - Uma abordagem para o processo de tomada de decisão de forma colaborativa**. 87 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2016.

## RESUMO

A Governança de Tecnologia da Informação (GTI) visa, por meio dos processos internos, alinhar a Tecnologia da Informação (TI) com os objetivos estratégicos das organizações. Para obter melhores resultados nestes processos, diversos modelos foram publicados com o intuito de padronizá-los. No entanto, estes trabalhos são apenas diretrizes, apontam o que deve ser feito, mas não como devem ser feitos. Este trabalho propõe uma abordagem para o processo de tomada de decisão colaborativa para a solução de problemas complexos relacionados à governança de TI, mais especificamente ao processo de desenvolvimento de software. Nesta abordagem utiliza-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para estruturar o problema, recolher as opiniões dos decisores e realizar a síntese dos resultados. Também é utilizado o método Delphi para buscar o consenso entre os colaboradores e o modelo Gaia L.A. para gerenciar as lições aprendidas geradas durante o processo de tomada de decisão. A abordagem mostrou-se útil após ser validada por meio de um estudo de caso e avaliada pela aplicação de um questionário. Como pontos positivos pode-se destacar: (i) a facilidade para exposição das opiniões, (ii) a capacidade de melhoria na decisão por meio de iterações, (iii) a liberdade na exposição das opiniões por intermédio do anonimato e (iv) a geração de documentos com lições aprendidas.

**Palavras-chave:** Tomada de Decisão Colaborativa; *Analytic Hierarchy Process*;



SILVA, R. T.. **GAIA Decisões - An approach for decision making process in a collaborative way**. 87 p. Master's Thesis (Master in Science in Computer Science) – State University of Londrina, Londrina–PR, 2016.

## ABSTRACT

Information Technology Governance (ITG) aims at aligning information technology (IT) with the strategic goals of the organization. To find best results in these processes, several guides and models have been published aiming their standardization. However, these are just guidelines, they do not show how the proper work should be conducted. Based on this premise, this work proposes an approach to the decision-making process using the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology for the collaborative solution of complex problems related to software development process. In this approach, we used the AHP to structure the problem, collect the preferences of decision-makers and accomplish the synthesis of results. We also used the Delphi Method to achieve a consensus among the collaborators, and the Gaia L.A. model to manage the lessons learned during the decision process. The approach was validated by means of a case study and evaluated by the application of a questionnaire, showing promising results. Some positive points can be highlighted, as: (i) the easiness in preferences' display, (ii) the ability to improve the decision through the iteration, (iii) freedom in presenting the opinions through anonymity and (iv) generating documents with lessons learned.

**Keywords:** Collaborative decision making; Analytic Hierarchy Process;





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espaço do problema . . . . .	27
Figura 2 – Comparação entre decisões simples e complexas. . . . .	28
Figura 3 – O conceito de Dominância de Pareto . . . . .	29
Figura 4 – O conceito da Fronteira de Pareto . . . . .	29
Figura 5 – Processo da Análise de Decisão . . . . .	31
Figura 6 – Estrutura de um problema genérico disposto em hierarquia com priorização de decisores . . . . .	34
Figura 7 – Estrutura de um problema genérico disposto em hierarquia . . . . .	37
Figura 8 – Estrutura do problema para compra de uma casa . . . . .	38
Figura 9 – Matrizes Comparativas . . . . .	38
Figura 10 – A tomada de decisão na governança de TI . . . . .	49
Figura 11 – Fases para o processo de tomada de decisão . . . . .	50
Figura 12 – A estrutura da abordagem para tomada de decisão colaborativa . . . . .	51
Figura 13 – Hierarquia do problema de seleção de fornecedor . . . . .	53
Figura 14 – Matrizes comparativas para o problema de seleção de fornecedor . . . . .	53
Figura 15 – Matriz comparativa de critérios preenchida por um decisor . . . . .	54
Figura 16 – Matriz comparativa de alternativas em relação ao critério risco. . . . .	54
Figura 17 – Soma das colunas e valores da matriz normalizada. . . . .	55
Figura 18 – Vetores de prioridade e vetor de prioridade global . . . . .	57
Figura 19 – Fluxograma da Fase 4, consenso. . . . .	59
Figura 20 – Níveis de maturidade e serviços do Gaia L.A. . . . .	59
Figura 21 – Resultado da primeira iteração . . . . .	66
Figura 22 – Resultado da última iteração . . . . .	66
Figura 23 – Divergência entre os participantes. . . . .	67
Figura 24 – Vetores de prioridades globais e médias finais . . . . .	67
Figura 25 – Médias finais da priorização dos riscos . . . . .	68
Figura 26 – Resultado do questionário. . . . .	69
Figura 27 – Valores recebidos para a Afirmação 6 . . . . .	69
Figura 28 – Diagrama do processo principal do sistema . . . . .	71
Figura 29 – Tela de cadastro de decisão. . . . .	72
Figura 30 – Tela para adicionar critérios à decisão. . . . .	72
Figura 31 – Tela inicial da sessão mostrando a estrutura . . . . .	73
Figura 32 – Tela para comparar critérios. . . . .	73
Figura 33 – Tela para comparar alternativas. . . . .	74
Figura 34 – Tela do resultado parcial. . . . .	75
Figura 35 – Tela de controle do moderador. . . . .	75

Figura 36 – Tela para cadastro de lição aprendida. . . . . 76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de decisão . . . . .	28
Tabela 2 – Escala fundamental de Saaty . . . . .	39
Tabela 3 – Matriz comparativa parcialmente preenchida . . . . .	40
Tabela 4 – Matriz comparativa . . . . .	40
Tabela 5 – Matriz normalizada . . . . .	41
Tabela 6 – Cálculo do vetor de prioridade . . . . .	41
Tabela 7 – Cálculo do valor principal . . . . .	42
Tabela 8 – Valores de RI para matrizes de diferentes tamanhos . . . . .	42
Tabela 9 – Comparação de trabalhos correlatos . . . . .	47
Tabela 10 – Cálculo do vetor de prioridade . . . . .	56
Tabela 11 – Valores de referencia para os critérios de parada. . . . .	58
Tabela 12 – Tabela dos serviços da Gaia L.A. aplicado na Gaia Decisões . . . . .	60
Tabela 13 – Descrição das iterações durante o processo de tomada de decisão . . . . .	65
Tabela 14 – Questionário de avaliação . . . . .	68



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIJ	Agregação Individual de Julgamentos
AIP	Agregação Individual de Prioridades
AMD	Apoio Multicritério a Decisão
CI	Índice de Consistência
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
CR	Taxa de Consistência
GC	Gestão do Conhecimento
GTI	Governança de Tecnologia da Informação
ISO/IEC	<i>International Organization for Standardization/International Electro-technical Commission</i>
LA	Lições Aprendidas
MPS.BR	Melhoria de Processos do Software Brasileiro
PO	Pesquisa Operacional
RI	Índice de Consistência Aleatório
TI	Tecnologia da Informação
UEL	Universidade Estadual de Londrina



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	23
2	<i>FUNDAMENTAÇÃO E TRABALHOS CORRELATOS . . .</i>	27
2.1	Tipos de decisão . . . . .	27
2.1.1	Decisões complexas . . . . .	28
2.2	Análise de decisão . . . . .	30
2.3	Subjetividade na decisão . . . . .	32
2.4	Decisões em grupos . . . . .	33
2.5	Apoio multicritério à decisão . . . . .	35
2.6	<i>Analytic Hierarchy Process – AHP . . . . .</i>	36
2.6.1	Estruturação da decisão . . . . .	37
2.6.2	Atribuição de valores . . . . .	39
2.6.3	Síntese do resultado . . . . .	40
2.7	Delphi . . . . .	43
2.8	Gestão do conhecimento e Lições aprendidas . . . . .	44
2.9	Projeto Gaia . . . . .	45
2.10	Trabalhos correlatos . . . . .	46
3	GAIA DECISÕES . . . . .	49
3.1	Decisão na Governança de TI . . . . .	49
3.2	Abordagem proposta . . . . .	51
3.2.1	Requisitos básicos . . . . .	51
3.2.2	Exemplo: Seleção de fornecedor . . . . .	51
3.3	Fase 1 - Estruturação . . . . .	52
3.4	Fase 2 - Avaliação . . . . .	53
3.5	Fase 3 - Síntese . . . . .	55
3.6	Fase 4 - Consenso . . . . .	57
3.7	Fase 5 - Lições aprendidas . . . . .	59
4	RESULTADOS . . . . .	63
4.1	Estudo de caso: Priorizar riscos . . . . .	63
4.1.1	Processo . . . . .	64
4.2	Avaliação da proposta . . . . .	67
4.3	O Sistema . . . . .	70
4.3.1	Criando a sessão . . . . .	72
4.3.2	Realizando os julgamentos . . . . .	73

4.3.3	Encerrando a sessão . . . . .	74
4.3.4	Adicionando lições aprendidas . . . . .	76
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .	79
	Referências . . . . .	83
	Trabalhos Publicados pelo Autor . . . . .	87



# 1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão pode ser definida como um posicionamento em relação ao futuro a partir de escolhas. Decisões são tomadas diariamente por todos, tanto em ambientes profissionais, quanto pessoais. Mesmo de forma inconsciente, indivíduos escolhem caminhos a serem seguidos para alcançar objetivos futuros. Uma simples escolha, como qual alimento comer no horário do almoço, passa por um processo de decisão [1].

Frequentemente, pessoas e organizações se deparam com problemas que necessitam de tomadas de decisões para serem resolvidos. Estes problemas podem ser classificados de duas formas: os que necessitam de decisões simples ou decisões complexas. Decisões simples envolvem um ou mais critérios, desde que não sejam conflitantes. Já as decisões complexas envolvem diversos critérios, na maioria das vezes conflitantes, e podem ser tanto quantitativos como qualitativos [2].

Um problema de decisão caracteriza-se pela disposição de um agente de decisão em exercer livremente uma escolha entre diversas possibilidades de ação, denominadas alternativas, de forma que aquela considerada a mais satisfatória seja selecionada. A expressão "agente de decisão" simboliza um indivíduo, ou um grupo de indivíduos, que são responsáveis pela decisão, isto é, a tarefa de escolher a alternativa que deverá ser implementada [1].

Decisões simples podem ser resolvidas rapidamente, através da intuição, opiniões externas, experiências passadas e geralmente não possuem grande impacto para o decisor. Já decisões complexas, apesar de também poderem ser tomadas rapidamente, têm a probabilidade de não atenderem os resultados esperados, podendo ocasionar consequências sérias [3]. Por isso, para decisões complexas, organizações utilizam cada vez mais processos formais para avaliação, procurando obter a opinião de vários indivíduos da área e que possuem conhecimento e experiência acerca do assunto.

Para as organizações, tratar destes problemas é de suma importância, uma vez que uma decisão tomada de forma equivocada pode causar perda de eficiência, qualidade, prazos e custos. Uma decisão equivocada pode ser a decisão na qual o objetivo não é claramente definido, não leva em consideração as necessidades de todos os envolvidos, não analisa corretamente os riscos envolvidos ou não utiliza experiências anteriores como auxílio.

Partindo da necessidade de tomar decisões eficazes e eficientes, solucionando o problema da melhor forma possível, surgiu o Apoio Multicritério a Decisão (AMD). O AMD vem sendo desenvolvido para apoiar os agentes de decisão na avaliação e escolha das alternativas para os problemas, visando apoiar o processo decisório através de recomendações

de ações [4].

Com a intenção de melhorar os processos decisórios, organizações incorporaram a utilização dos métodos do AMD [5]. A partir disto, diversos métodos foram criados para suportar o processo decisório de diferentes formas. Um dos primeiros modelos criados foi o *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, proposto por Saaty [6], que é amplamente utilizado [7].

Existem modelos que apontam a necessidade de um processo para gerenciar as decisões, estes modelos são voltados para a área de Engenharia de Software. O objetivo do processo para gerenciar decisões é estabelecer orientações para determinar quais problemas devem ser submetidos a um procedimento formal de avaliação, qual método deve ser utilizado e aplicar este método para tomar a decisão a respeito do problema. Embora a principal aplicação do processo seja para problemas técnicos, também é possível utilizá-lo para problemas organizacionais. Dentre os modelos, destacam-se:

- *ISO/IEC 12207:2008 - System and Software Engineering*<sup>1</sup> [8];
- *Capability Maturity Model Integration (CMMI)* [9];
- *Melhoria de Processos de Software Brasileiro (MPS.BR)* [10];

Estes modelos têm como objetivo orientar as organizações quanto aos seus processos internos, tendo como consequência o aumento no nível da maturidade. Porém, a forma de orientação apresenta apenas o que deve ser feito (diretriz) e como deve ser feito (método), fica a cargo da implementação.

Baseando-se no exposto, este trabalho propõe uma abordagem que permita a tomada de decisão colaborativa, obtendo como resultado a alternativa que melhor represente o grupo de colaboradores, visando um objetivo específico, através da aplicação de um método que tende a reduzir o erro na tomada de decisão, e justificar a escolha dos participantes por meio de um modelo matemático.

A abordagem proposta tem como intenção atender aos requisitos do processo de tomada de decisão [8][9][10] através da (I) aplicação do método AHP a fim de obter os julgamentos dos decisores, (II) utilização de características do método Delphi para alcançar o consenso entre os participantes e (III) auxílio no processo de gestão de conhecimento por meio de lições aprendidas.

Durante o ciclo de vida de um projeto, problemas específicos podem necessitar de um processo de tomada de decisão para solucioná-lo. A abordagem que será apresentada

---

<sup>1</sup> O padrão internacional ou modelo de referência ISO/IEC 12207 - Processos do Ciclo de Vida do Software tem como principal objetivo fornecer uma estrutura única para que o adquirente, fornecedor, desenvolvedor, mantenedor, operador, gerentes e técnicos envolvidos com o desenvolvimento de software utilizem uma linguagem comum que é estabelecida na forma de processos bem definidos.

tem a capacidade de solucionar problemas que possuam critérios conflitantes, critérios quantitativos e qualitativos, além de problemas com a necessidade de um grupo de pessoas para solucioná-lo. Os objetivos do trabalho são:

- Objetivo Geral:
  - Propor e avaliar uma abordagem para tomada de decisão colaborativa na solução de problemas complexos, de forma que atenda os requisitos da gestão de decisões no processo de desenvolvimento de software.
- Objetivos Específicos:
  - Avaliar um método para estruturar o problema, recolher os julgamentos dos participantes e agregar os resultados;
  - Avaliar um método para alcançar o consenso entre os participantes;
  - Desenvolver um estudo de caso para validar a abordagem proposta;
  - Propor um questionário para avaliar a abordagem proposta.

A organização deste trabalho segue a seguinte ordem: No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica, considerando os conhecimentos relacionados aos problemas de decisões complexos e suas dificuldades, além de uma revisão bibliográfica, com trabalhos relacionados ao tema. O capítulo 3 contém o processo proposto para a tomada de decisão colaborativa e os métodos utilizados para avaliação e agregação das avaliações individuais. Para exemplificar, a abordagem será aplicada em um estudo de caso. No capítulo 4 serão apresentados os resultados e análises obtidos no estudo de caso, além de uma avaliação da abordagem utilizada, aplicada por meio de um questionário. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO E TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo apresenta os conceitos básicos que englobam o processo de tomada de decisão. O conteúdo apresenta desde os conceitos básicos dos tipos de decisão até os métodos utilizados na abordagem proposta, como AHP, Delphi e Gaia L.A. Também são abordados conceitos sobre problemas multicritérios, análise de decisão, subjetividade na decisão, decisões em grupos, apoio multicritério à decisão e gestão do conhecimento por meio de lições aprendidas. Para finalizar, são apresentados trabalhos correlatos e a contribuição da abordagem proposta.

### 2.1 Tipos de decisão

Existem diferentes tipos de decisões, podendo variar entre simples e complexas. Howard [2] classifica os tipos através de um bloco retangular, onde cada um é definido por um vértice. O autor chama este bloco de espaço do problema. É possível visualizar na Figura 1, que cada uma das três dimensões do cubo tem uma característica. A primeira característica é o grau de incerteza, que pode variar de situações determinísticas, onde todas as variáveis são conhecidas, até situações altamente probabilísticas, onde poucas informações sobre as variáveis do problema estão disponíveis.

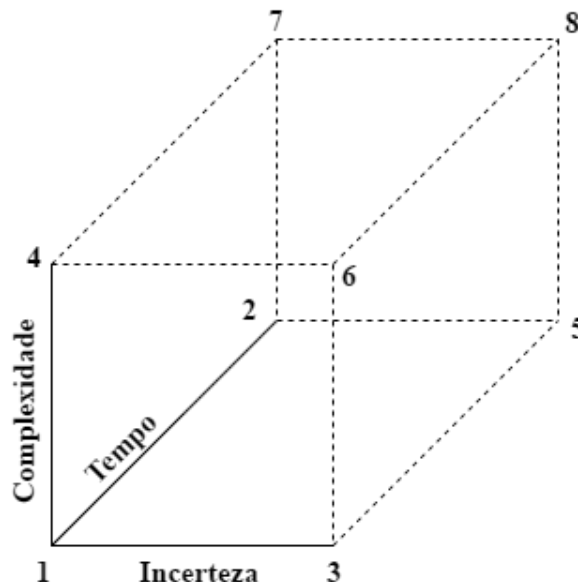


Figura 1 – Espaço do Problema [2].

A segunda característica é o tempo, podendo variar entre estático, quando o tempo não interfere no problema da decisão, e dinâmico, quando a variação do tempo altera as possibilidades dos acontecimentos. A terceira característica é a complexidade, que pode ser

medida através da quantidade de variáveis, alternando entre problemas simples, com uma variável, até problemas complexos, com muitas variáveis. Através do espaço do problema, pode-se caracterizar 8 tipos de decisões, como é possível observar na Tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de decisão

Vértice	Incerteza	Tempo	Complexidade
1	determinístico	estático	uma variável
2	determinístico	dinâmico	uma variável
3	probabilístico	estático	uma variável
4	determinístico	estático	multivariável
5	probabilístico	dinâmico	uma variável
6	probabilístico	estático	multivariável
7	determinístico	dinâmico	multivariável
8	probabilístico	dinâmico	multivariável

Como pode ser visto na Tabela 1, à medida que o espaço varia do vértice 1 para o 8, os modelos de processo formal para decisão do problema variam consideravelmente. Enquanto que próximo ao vértice 1 pode-se encontrar facilmente a solução através de métodos matemáticos, próximo ao vértice 8, devido ao alto grau de complexidade, as soluções tornam-se subjetivas e os modelos servem apenas para apoiar os agentes de decisão. Na Figura 2 é possível observar uma comparação entre decisões simples e complexas.

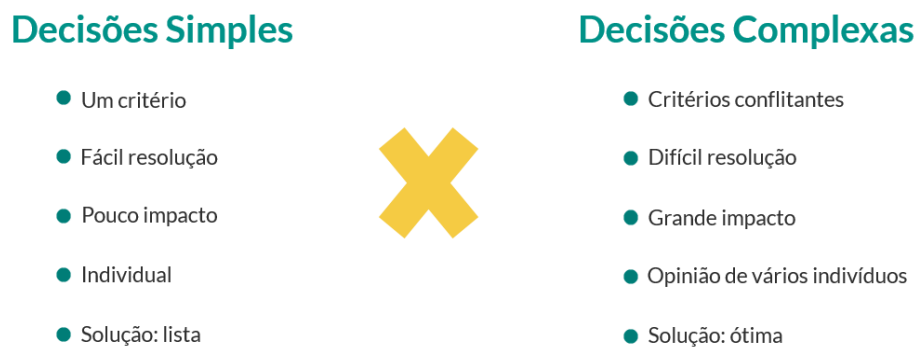


Figura 2 – Comparação entre decisões simples e complexas.

### 2.1.1 Decisões complexas

Na tomada de decisão, o indivíduo procura selecionar uma alternativa entre as possíveis para solucionar um problema. Como pode ser visto com o bloco de Howard na Figura 1, problemas com apenas uma variável são considerados simples. Por exemplo: ao efetuar uma compra levando-se em consideração apenas o valor, pode-se listar as alternativas disponíveis, em ordem crescente de valor. A alternativa que estiver no topo da lista, será considerada a melhor solução para o problema.

Ao se deparar com decisões que envolvem múltiplas variáveis, selecionar a melhor torna-se mais difícil. Neste caso, o decisor deve procurar a solução ótima, ou seja, a solução que domina todas as outras. A Figura 3 demonstra a dominância da alternativa *a* sobre as outras alternativas em relação a maximização de dois objetivos, 1 e 2. Pode-se observar que a alternativa *a* será dominante sobre todas as outras que se encontrarem dentro do espaço entre *a* e a origem.

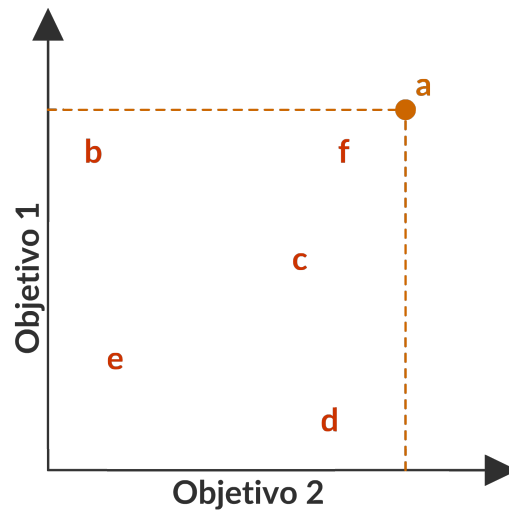


Figura 3 – O conceito de Dominância de Pareto [11].

No entanto, para problemas complexos, é difícil encontrar a solução ótima entre as alternativas e, neste caso, procura-se encontrar o Conjunto Ótimo de Pareto. Este conjunto é formado pelas alternativas que não são dominadas pelas outras, mas também não são dominantes. A Figura 4 demonstra uma representação do conceito do Conjunto Ótimo de Pareto. Após a seleção das melhores alternativas, será necessário um processo de decisão para determinar a melhor possível.

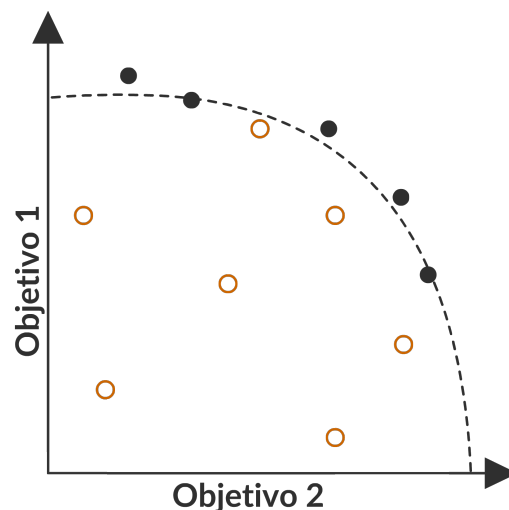


Figura 4 – O conceito da Fronteira de Pareto [11].

Para Gomes e Gomes [1], os problemas que necessitam de decisões complexas para serem resolvidos podem apresentar algumas das seguintes características:

- Os critérios para solução do problema são em número de, pelo menos, dois e são conflitantes entre si;
- Os critérios ou as alternativas não são bem definidos;
- A solução do problema depende de um conjunto de pessoas;
- As restrições do problema não são bem definidas;
- Possuem critérios quantitativos e qualitativos;
- As escalas para avaliação dos critérios podem ser cardinais, verbais, ordinais ou da própria natureza do critério.

Alternativas devem ser avaliadas acerca de determinados critérios para saber a viabilidade para alcançar o objetivo. As alternativas podem ser facilmente comparadas com critérios quantitativos, pois estes critérios já possuem uma escala própria para comparação, por exemplo: valor, altura e peso, uma vez que estes possuem uma escala numérica para representá-los. Já critérios qualitativos não possuem uma escala padrão para realizar as comparações, como: beleza, conforto e qualidade, sendo necessária a criação ou utilização de outra escala.

## 2.2 Análise de decisão

O processo de análise de decisão tem como objetivo auxiliar na estruturação do problema para que, ao fim da análise, o processo de decisão seja realizado. A estruturação do problema tem impacto direto na qualidade da tomada de decisão [12], uma vez que a má formulação do mesmo pode não contemplar alguns dados importantes para o decisor e confundi-lo. Já uma estruturação feita corretamente pode auxiliar na compreensão do decisor a respeito do problema e das variáveis envolvidas, podendo resultar em uma decisão de melhor qualidade.

É comum a utilização dos termos decisor, facilitador e analista como sinônimos. Isso ocorre pelo fato de que, em alguns casos, o mesmo indivíduo fica encarregado de executar as 3 funções. Porém, cada uma das funções têm definições diferentes, como pode ser observado a seguir [1]:

- Decisor: Influencia no processo de decisão através do juízo de valor que representa;
- Facilitador: Focaliza as atenções na resolução do problema. Por ser geralmente um líder com experiência na área, conduz o processo decisório e o processo de negociação;



- Analista: Realiza as análises e auxiliar os decisores e facilitadores na estruturação do problema.

A principal função do analista de decisão é encontrar o relacionamento existente entre as variáveis que estão envolvidas no problema de decisão. A complexidade será diferente para cada problema a ser estruturado. Nesta etapa, são realizados estudos que visam compreender e identificar o objetivo do processo decisório, os critérios e subcritérios baseados nos valores, crenças e convicções do decisor e as alternativas possíveis para a solução do problema. A Figura 5 apresenta os processos realizados na fase de análise de decisão.

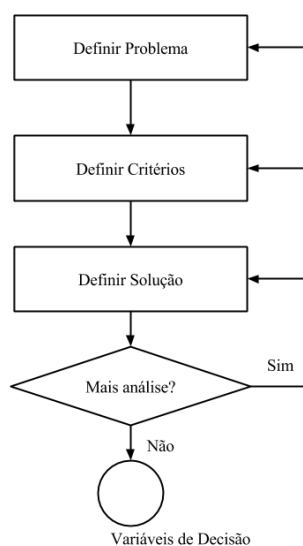


Figura 5 – Processo da Análise de Decisão [13].

Conforme pode ser observado na Figura 5, o primeiro passo é definir o escopo da decisão, respondendo algumas perguntas como: “qual o problema a ser resolvido?” ou “qual o objetivo a ser alcançado?”. Deste modo, facilita-se o entendimento e definição do objetivo principal da decisão.

Formular corretamente o problema é fundamental, pois ele orienta a decisão e todas as outras variáveis necessárias no processo. Deve-se ter cautela, uma vez que a definição errônea do escopo pode gerar uma decisão incorreta. A alternativa selecionada pode ser a melhor para o escopo do problema estruturado, mas pode não ser significativa para o problema real [14].

Após a definição do objetivo principal da decisão, deve-se definir os objetivos secundários, ou seja, os critérios de avaliação. Estes devem ser consistentes com o contexto da decisão, sendo importantes para avaliar as alternativas em relação ao objetivo principal. Alguns podem ser considerados complexos para efetuar a comparação das alternativas,

devendo ser divididos em subcritérios, a fim de melhorar o entendimento do critério de nível superior. Assim como a definição do problema, a coerência dos critérios com o objetivo principal é essencial para uma decisão de qualidade [12].

Para finalizar, é necessário identificar o conjunto de alternativas possíveis para a solução do problema. Estas alternativas serão comparadas tendo como base os critérios reconhecidos no passo anterior. Deve-se ter atenção neste processo, a fim de evitar a adição de alternativas muito otimistas ou que não alcançarão o objetivo.

Ao realizar a estruturação de um problema para uma tomada de decisão, deve-se tomar cuidado para não criar um modelo irreal. Caso isto aconteça, o resultado será uma solução que não terá nenhum resultado prático. Pode ocorrer uma discrepância entre o resultado obtido através do processo de decisão e a real consequência da implantação da decisão. Isso ocorre em função de falhas ou descon siderações de algumas variáveis essenciais ao processo decisório, sendo as principais [1]:

- Não estar clara a necessidade ou objetivo a ser atendido;
- Resultados esperados muito otimistas;
- Não realizar uma análise criteriosa das informações disponíveis sobre as alternativas;
- Imprecisão dos dados que irão gerar informações;
- Inexistência das informações necessárias.

## 2.3 Subjetividade na decisão

Pela necessidade da subjetividade no processo decisório, todas as decisões estão sujeitas a erro. O ser humano possui capacidade cognitiva limitada, o que prejudica a compreensão e o processamento das informações disponíveis [15]. As emoções e o estado de humor também são fatores que podem influenciar no processo. Outro fator reconhecido que afeta o resultado da decisão é a falta de comprometimento do decisor, isto ocorre nos casos em que o objetivo da decisão não está diretamente envolvido com a área de atuação do decisor. Bai [16] identifica outros erros que podem gerar insucesso no processo decisório, como:

- Precipitação: chegar à conclusão sem analisar os aspectos considerados importantes para tentar compreender a estrutura da decisão;
- Excesso de confiança: sentir-se seguro demais com relação às hipóteses e opiniões, negligenciando informações factuais importantes;

- Fracasso em grupo: não gerenciar o processo de tomada de decisão do grupo, acreditando que as escolhas estarão corretas devido à presença de pessoas com alto nível de conhecimento no grupo;
- Deixar de conferir o processo de decisão: não elaborar uma abordagem organizada para compreender sua própria decisão;
- Não aprender com a realimentação ou experiências: deve-se ouvir a equipe, analisar opiniões e buscar o aperfeiçoamento realizando a melhora do processo.

Ao tomar uma decisão, indivíduos são influenciados pelo subconsciente, através de vontades, desejos e intuições. Isto pode impedir que o decisor consiga relacionar seus objetivos de forma racional. Outra tendência é a habilidade do subconsciente de perceber padrões. Estes podem fazer o decisor escolher uma solução ruim por ter alguma semelhança com uma boa experiência, ou pode rejeitar uma solução ótima, por conta de uma experiência ruim [16].

Gomes e Gomes [1] observam que em uma situação de difícil solução, decisores sentem dificuldades para desenvolver um raciocínio que estruture o problema. A necessidade de organizar as ideias em situações imprevistas, os induz a recorrer a um mínimo de método formal racional. Os autores citam quatro origens de dificuldades para tomada de decisão:

- Complexidade da decisão;
- Incertezas inerentes à situação da decisão;
- Os objetivos do tomador de decisão podem ser variados e o avanço em uma direção pode impedir o progresso de outros objetivos;
- Perspectivas diferentes de um problema de decisão levam os decisores a diferentes conclusões.

## 2.4 Decisões em grupos

Nas decisões em grupo, têm-se como objetivo alcançar o consenso entre os participantes, buscando a melhor alternativa para a solução do problema. Este processo tende a melhorar a comunicação e colaboração entre os participantes. A discussão para alcançar um objetivo em comum, e pelo bem coletivo ou da organização, cria uma sinergia e comprometimento entre os membros que participam da decisão [1].

A tomada de decisão ocorre, frequentemente, em um ambiente onde os critérios são conflitantes e o ganho de um critério pode causar a perda em outro. Assim, o decisor tem

de escolher a alternativa intermediária que atenda suas expectativas. Os participantes podem divergir na avaliação de uma decisão e, conseqüentemente, escolherem diferentes caminhos de solução para um problema idêntico, priorizando de forma diferente os critérios para a decisão. Devido às divergências entre os participantes, realizam-se as negociações, procurando-se obter um acordo entre os envolvidos [15]. A negociação tem sua complexidade advinda do fato dos múltiplos participantes terem opiniões divergentes e níveis hierárquicos diferentes, além dos grupos de pressão, entre outros.

O consenso é obrigatório, consistindo na meta a ser atingida. Concessões devem ser feitas, pois a rigidez pode determinar a inviabilidade de uma boa alternativa. Caso não se alcance o consenso entre os participantes, o acordo pode ser obtido de outras maneiras como: simples maioria, dois terços da maioria ou outro modo definido na estruturação do processo [15]. O resultado deve ser objetivo e final visando alcançar a finalidade da decisão.

Normalmente, todos os decisores têm a mesma importância na decisão mas, em alguns casos, será considerado um peso maior para os decisores de maior nível hierárquico, que possuem maiores responsabilidades, enquanto os demais poderão ter pesos iguais. A Figura 6 apresenta um problema de decisão disposto em hierarquia onde, no segundo nível, encontra-se a separação dos participantes. A intenção de priorizar alguns decisores é garantir atenção especial ao ponto de vista dos maiores interessados, que em geral possuem *expertise* na área [12].

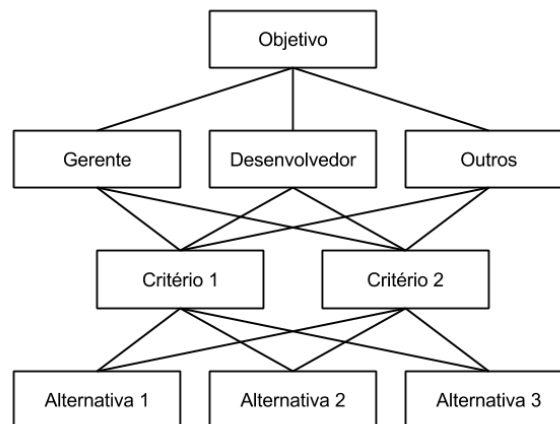


Figura 6 – Estrutura de um problema genérico disposto em hierarquia com priorização de decisores [12].

Ao definir o tamanho do grupo para participar de uma decisão, deve-se levar em consideração dois fatores importantes: a consistência dos julgamentos e a validade na prática. É aconselhável que o grupo possua no máximo sete participantes pois, com esse número, é possível identificar os participantes que possam apresentar inconsistência entre os julgamentos, possibilitando que este altere sua visão e reveja seu julgamento, a fim de obter uma decisão mais consistente [15]. Isto pode ocorrer várias vezes e é possível que

o participante não se aproxime da consistência dos outros julgamentos, sendo necessário realizar uma negociação.

Caso a decisão envolva várias áreas, e seja necessário um número maior de participantes, aconselha-se dividir em grupos de, no máximo, sete participantes, trabalhando independentes dos outros grupos. No final, é possível unir as preferências de cada grupo em apenas uma saída através de um método, como média geométrica [15].

## 2.5 Apoio multicritério à decisão

A Pesquisa Operacional (PO) está direcionada para a resolução de problemas reais, tendo como foco a tomada de decisão. Esta é usada para avaliar ações alternativas e encontrar soluções que melhor satisfaçam aos objetivos do decisor. Originou-se durante a Segunda Guerra Mundial para auxiliar nos problemas de natureza logística, tática e de estratégia militar. Por obter resultados positivos, ao final da guerra a PO foi incorporada nas organizações visando otimizar custos, despesas e lucros [5].

Pesquisadores e usuários da PO perceberam a necessidade de tomar decisões em problemas mais complexos, que envolviam critérios conflitantes e de naturezas diferentes, como: aspectos políticos, risco e custo. Estes critérios não possuem homogeneidade para realizar comparações. Desta necessidade, surgiram as metodologias de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), que passaram a incorporar critérios subjetivos e visam encontrar a melhor solução para o problema de acordo com a preferência dos decisores [1].

O AMD consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, sob a influência de uma multiplicidade de critérios. Estes métodos não visam demonstrar uma solução correta para os problemas, mas apoiar o processo decisório através de recomendações de ações a quem irá tomar a decisão. Outro objetivo é auxiliar os decisores a compreenderem e explicitarem suas preferências junto às alternativas.

Devido à capacidade limitada do cérebro humano, a compreensão e o processamento das informações são prejudicadas. Os procedimentos e métodos do AMD procuram melhorar a visibilidade e a qualidade no processo decisório, baseando-se em suas preferências básicas. A partir da proposição que um indivíduo é capaz de expressar suas preferências básicas, e são racionais quando enfrentam situações de decisões simples, o AMD permite a resolução de problemas de decisão mais complexos.

O AMD assume que é frequentemente impossível prever se uma situação é positiva ou negativa apenas por métodos matemáticos, sendo necessário aceitar que a subjetividade está sempre presente nos processos de decisão. Entende-se com isso que poderão ser encontrados diferentes juízos de valor para diferentes decisores. Portanto, o AMD não busca uma solução ótima, mas uma solução de compromisso, em que deve prevalecer o

consenso entre as partes envolvidas. Assim, não apresenta a solução definitiva para o problema, elegendo uma única verdade representada pela alternativa selecionada, mas sim a recomendação de ações que estejam em sintonia com as preferências expressas pelo decisor [14].

Uma boa metodologia não explora somente as soluções, mas também o decisor, e o faz à medida que o auxilia na busca da decisão, explicitando suas preferências. O AMD tem como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferência entre as alternativas que estão sendo julgadas sob a influência de vários critérios. As vantagens das metodologias do AMD são [1]:

- Facilitar o uso por não especialistas;
- Constituir um método lógico e transparente;
- Englobar tanto critérios quantitativos como qualitativos;
- Julgamentos de valor podem ser exercidos em escalas cardinais ou verbais;
- Incorporar questões do comportamento humano nos processos de decisão.

Considerando a ausência de métodos matemáticos para realizar a estruturação, conclui-se que não existe um procedimento genérico cuja aplicação possa garantir a validade do modelo concebido, ou seja, para a solução de um problema idêntico duas organizações podem ter estruturas diferentes de decisões.

## 2.6 *Analytic Hierarchy Process – AHP*

O Método AHP é uma ferramenta utilizada para facilitar a análise, compreensão e avaliação do problema de decisão. Foi proposto por Thomas L. Saaty [12] e tem como principal característica a decomposição do problema em uma hierarquia e a realização de comparações pareadas. O objetivo de estruturar o problema em uma hierarquia é dividir o problema geral em avaliações de menor importância.

Desde sua criação, o AHP tem-se mostrado um método útil, permitindo aos decisores um novo meio de olhar os antigos problemas. Apesar de auxiliar os tomadores de decisão a visualizarem melhor o problema, este método não elimina a necessidade de um especialista fornecendo informações durante o processo decisório. A aplicação do AHP consiste em três passos [6]:

- Estruturar a decisão
- Atribuir valores de importância para os critérios e valores de desempenho para as alternativas

- Síntese dos resultados

O modo de comparação pareada do AHP demonstra a subjetividade deste método. Este também contempla a decisão em grupo, conseguindo obter entre os participantes um equilíbrio e até certo consenso, além de verificar a consistência desses julgamentos. Por fornecer uma ferramenta matemática que qualifica e quantifica as decisões, permitindo que as mesmas sejam justificadas, e devido à simplicidade no fornecimento dos dados, o AHP tem atraído o interesse de muitos pesquisadores.

### 2.6.1 Estruturação da decisão

A primeira tarefa do AHP está em estruturar o problema. Nessa fase deve-se identificar os critérios e alternativas que serão usados para a tomada de decisão. É necessário cuidado ao levantar estes dados, pois critérios redundantes ou que não contribuam para o objetivo principal e alternativas fora da realidade podem levar a uma escolha que seja a melhor para o problema estruturado, mas não produza os resultados esperados na implementação.

Após a identificação dos dados, deve-se estruturá-los em uma hierarquia. O primeiro nível da hierarquia é composto pelo objetivo principal da decisão, já no segundo nível, devem ser indicados os critérios que contribuem diretamente para o objetivo principal. Estes critérios podem ser detalhados em partes menores, para melhor visualização e avaliação, criando-se mais níveis na hierarquia. No último nível fica o conjunto de alternativas possíveis para a solução do problema principal. A Figura 7 apresenta o exemplo de um problema genérico disposto em hierarquia.

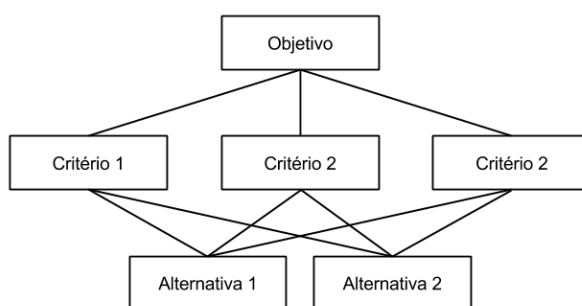


Figura 7 – Estrutura genérica de um problema disposto em hierarquia [12].

O número de níveis na hierarquia é tão maior quanto for a complexidade do problema analisado. Entretanto, deve-se considerar na estruturação do problema que a hierarquia deve ser complexa e grande o suficiente para representar a situação real, mas simples e pequena o bastante para ser prática e utilizável [13].

A quantidade de critérios em cada ramificação da hierarquia deve manter a limitação da capacidade cognitiva da teoria de Miller [17] a qual afirma que, em geral, pessoas

conseguem lidar com informações envolvendo simultaneamente  $7 \pm 2$  fatos. O AHP segue esta teoria como orientação, mas não como regra. Quando necessário deve-se ultrapassar esta quantidade de critérios.

Para solidificar a explicação do AHP, será utilizado um exemplo de tomada de decisão para a compra de uma casa. Todos os valores e informações utilizados neste exemplo são fictícios e servem apenas para explicitar a decisão. A Figura 8 apresenta a estrutura do problema a ser resolvido.

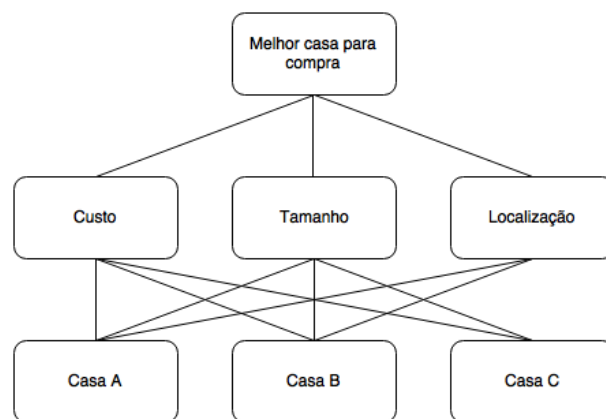


Figura 8 – Estrutura do problema para compra de uma casa.

Como pode-se observar na Figura 8, no primeiro nível da hierarquia encontra-se o objetivo a ser alcançado, neste caso é: escolher a melhor casa para compra. No segundo nível estão dispostos os critérios que serão utilizados para avaliar as alternativas, que são: custo, tamanho e localização. Por último localizam-se as possíveis alternativas, Casa A, Casa B e Casa C. Após estruturar a decisão, deve-se montar as matrizes que serão utilizadas para a atribuição dos valores. A Figura 9 apresenta as matrizes que irão receber as preferências do decisor.

	Custo	Tamanho	Localização
Custo			
Tamanho			
Localização			

(a)

Critério: Custo			
	Casa A	Casa B	Casa C
Casa A			
Casa B			
Casa C			

(b)

Critério: Tamanho			
	Casa A	Casa B	Casa C
Casa A			
Casa B			
Casa C			

(c)

Critério: Localização			
	Casa A	Casa B	Casa C
Casa A			
Casa B			
Casa C			

(d)

Figura 9 – Matrizes Comparativas.



### 2.6.2 Atribuição de valores

Após estruturar o problema, deve-se iniciar a fase de avaliações. Estas são realizadas através de comparações por pares (*pairwise comparison*). Um dos pontos positivos de utilizar hierarquia consiste no decisor concentrar o julgamento entre dois elementos, comparando-os com apenas uma propriedade, sem se preocupar com outros elementos ou propriedades. O AHP converte as comparações em valores numéricos, mesmo em casos de critérios qualitativos. Esta capacidade de conversão das comparações em um modelo matemático é o principal diferencial do AHP com relação a outras técnicas comparativas.

Para realizar as comparações pareadas, pode-se utilizar diferentes tipos de escala. No entanto, a escala fundamental proposta por Saaty é amplamente a mais usada e já foi validada por sua eficácia através de comparações teóricas com um grande número de outras escalas [12]. A escala fundamental pode ser utilizada de forma verbal ou numeral, como é possível ver na Tabela 2. Ao utilizar a forma verbal, posteriormente deve-se convertê-la para a numérica. Esta escala é utilizada para comparar tanto a importância dos critérios quanto o desempenho das alternativas.

Tabela 2 – Escala fundamental de Saaty [12]

Escala	Avaliação	Recíproco	Comentário
Igual importância	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos
Importância moderada	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro
Mais importante	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação a outro
Muito importante	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
Importância extrema	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2, 4, 6 e 8		<i>Quando se procura condições de compromisso (compromise) entre duas definições.</i>

Normalmente, procura-se utilizar os números ímpares da tabela, mantendo uma melhor distinção entre os pontos de medição. O uso dos números pares deve ser adotado apenas na necessidade de negociação entre os avaliadores e quando o consenso natural não for obtido, gerando a necessidade de determinar um ponto médio como solução negociada (*compromise*) [6].

Primeiramente, deve-se realizar as comparações por pares dos critérios, de acordo

com a importância deles com o objetivo no nível imediatamente superior. Para isso, cria-se uma matriz de julgamento com todos os critérios do mesmo nível da hierarquia. A questão a se perguntar ao comparar os critérios é: "qual critério é considerado mais importante a respeito do objetivo geral?", "Quanto este critério é mais importante que o outro?", atribuindo os valores de acordo com a escala fundamental.

Para o preenchimento da matriz comparativa dos critérios, em relação à decisão de comprar uma casa, foram formuladas as seguintes perguntas a serem respondidas pelo decisor: "Para comprar uma casa, qual critério é mais importante: custo ou tamanho?" e "Quanto este critério é mais importante que o outro?" E a partir da Escala Fundamental, apresentada na Tabela 2, o decisor escolhe o valor que representa sua opinião. Isto ocorre repetidamente comparando os outros critérios: custo x localização e tamanho x localização. Estas comparações devem levar em consideração os critérios das linhas pelos critérios das colunas. A Tabela 3 apresenta o resultado obtido.

Tabela 3 – Matriz comparativa

	Custo	Tamanho	Localização
Custo	1	5	3
Tamanho		1	
Localização		3	1

É possível observar na Tabela 3 que o critério custo é mais importante que o tamanho, e moderadamente mais importante que a localização, assim os valores cinco e três foram, respectivamente, atribuídos para a comparação. Para completar a matriz, os valores recíprocos devem ser inseridos, neste caso o tamanho é um quinto e a localização é um terço mais importante que o custo. A Tabela 4 mostra a matriz comparativa completa.

Tabela 4 – Matriz comparativa completa

	Custo	Tamanho	Localização
Custo	1	5	3
Tamanho	1/5	1	1/3
Localização	1/3	3	1

### 2.6.3 Síntese do resultado

Após obter a matriz com os julgamentos, chamada de matriz comparativa, deve-se normalizá-la. Para normalizar, é necessário dividir o valor da comparação pela soma dos valores da coluna, como pode ser visto na Tabela 5, sendo esta, chamada de matriz normalizada.

Para determinar a contribuição de cada critério na meta global, utiliza-se o vetor de prioridade. Este vetor é obtido através da média aritmética dos valores de cada um

Tabela 5 – Matriz normalizada

Custo	1 / 1,53 = 0,65	5 / 9 = 0,56	3 / 4,33 = 0,69
Tamanho	1/5 / 1,53 = 0,13	1 / 9 = 0,11	1/3 / 4,33 = 0,08
Localização	1/3 / 1,53 = 0,22	3 / 9 = 0,33	1 / 4,33 = 0,23

dos critérios, de acordo com a matriz normalizada. A Tabela 6 apresenta a obtenção deste valor.

Tabela 6 – Cálculo do vetor de prioridade

	Vetor de prioridade (cálculo)	Vetor de prioridade (resultado)
Custo	$(0,65+0,56+0,69)/3=0,633$	63,30%
Tamanho	$(0,13+0,11+0,08)/3=0,106$	10,60%
Localização	$(0,22+0,33+0,23)/3=0,260$	26,00%

O valor obtido determina a participação do critério no total do objetivo. No exemplo apresentado acima, pode-se observar que os critérios custo, tamanho e localização, contribuem, respectivamente, com 63,30%, 10,60% e 26,00% do objetivo. Isso significa que uma avaliação positiva para o custo contribui, aproximadamente, duas vezes mais que uma avaliação positiva para a localização e seis vezes mais que para o tamanho.

Após a obtenção do vetor de prioridades, é necessário verificar a consistência dos dados. Esta verificação tem como objetivo conferir se todos os julgamentos do decisor estão consistentes. Dada a matriz  $A = (a_{ij})$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ , onde  $A$  representa a matriz comparativa preenchida, cada  $a_{ij}$  representa o valor da comparação entre o critério  $i$  e o critério  $j$  e  $n$  representa a quantidade de critérios ou alternativas da matriz, define-se sua consistência e sua reciprocidade, caso atenda às equações 2.1 e 2.2, respectivamente.

$$a_{jk} = a_{ik}/a_{ij}, i, j, k = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

$$a_{ji} = 1/a_{ij}, i, j = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

Assim, caso o decisor afirme que  $x$  é mais importante que  $y$  e  $y$  é mais importante que  $w$ , seria inconsistente na tomada de decisão se ele afirmasse que  $w$  é mais importante que  $x$  (Se  $x > y$  e  $y > w$ , então  $x$  é obrigatoriamente maior que  $w$ ), mantendo assim a consistência, e se  $x$  for cinco vezes maior que  $y$ ,  $y$  deve ser cinco vezes menor que  $x$ , mantendo assim a reciprocidade.

Na aplicação do método AHP, a reciprocidade é aplicada a cada julgamento e a coerência das comparações podem ser verificadas através do índice de consistência (CI), que é dado pela Equação 2.3, onde  $n$  é a ordem da matriz e  $\lambda_{max}$  representa o valor principal, que é calculado através do somatório do produto de cada elemento do vetor

de prioridade pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original, como é possível observar na Tabela 7. A Equação 2.4 apresenta o cálculo para obter o índice de consistência da matriz comparativa do exemplo da compra de uma casa.

Tabela 7 – Cálculo do valor principal

Vetor dos pesos	0,633	0,106	0,260
Soma das colunas	1,53	9,00	4,33
Valor principal	[(0,633*1,53)+(0,106*9,00)+(0,260*4,33)] = 3,05		

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.3)$$

$$CI = \frac{3,05 - 3}{3 - 1} = 0,02 \quad (2.4)$$

O AHP admite pequenas incoerências, embora seja melhor evitá-las. Saaty [18] nota que a incoerência deve servir como um alerta e propôs a taxa de consistência (CR). Ela é determinada pela razão entre o valor do índice de consistência e o índice de consistência aleatório (RI) dada pela equação 2.5. Caso a taxa de consistência seja maior que 10%, a matriz será considerada inconsistente e deverá ser revista pelos decisores, com o objetivo de baixar o nível do índice para um valor aceitável.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.5)$$

O cálculo de CR considera um erro aleatório associado à ordem da matriz, dado pelo índice de consistência aleatória (RI), conforme a tabela 8. A Equação 2.6 apresenta o cálculo para obter a taxa de consistência do exemplo da compra de uma casa.

Tabela 8 – Valores de RI para matrizes de diferentes tamanhos

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$CR = \frac{0,02}{0,58} = 0,03 \quad (2.6)$$

Como é possível observar na Equação 2.6, a taxa de consistência da matriz utilizada como exemplo é de 3%, assim ela é considerada consistente e o resultado válido. Após finalizar os julgamentos e definir as prioridades dos critérios, será necessário repetir o processo de comparação pareada para definir o desempenho das alternativas. Nesta etapa, as comparações por pares devem ser realizadas para cada critério.

O último passo na aplicação do AHP é calcular as prioridades globais das alternativas. Este valor é obtido através da somatória dos produtos entre o peso de prioridade da

alternativa e o peso do critério. Ao final do processo, torna-se importante a realização de análise de sensibilidade; assim, pode-se verificar de que forma as variações introduzidas nos parâmetros do método influenciam os resultados obtidos. Um exemplo completo da utilização do AHP será apresentado posteriormente.

## 2.7 Delphi

O método Delphi foi desenvolvido nos anos 50 e tem como princípio o provérbio “duas cabeças pensam melhor do que uma”, podendo ser caracterizado como um método para extrair e refinar os julgamentos de um grupo [19]. É uma técnica de previsão que se baseia na opinião coletiva e perícia de vários especialistas, permitindo que todos tenham oportunidades iguais. Pode também ser definido como um processo de comunicação em grupo, que seja eficaz em lidar com um conjunto de indivíduos como um todo para suportar problemas complexos [20].

O Delphi pode ser utilizado na maioria das situações que requerem quantificação ou ordenação de variáveis subjetivas. Permite que especialistas em diferentes localizações possam participar do mesmo processo, de forma que aumente a cooperação e o alcance das perspectivas nas considerações [21].

Este método foi desenvolvido para evitar efeitos negativos nas interações de um grupo, como a dominância individual, informações irrelevantes na comunicação e a pressão interna no grupo. Para minimizar estes efeitos, o método conta com três características: anonimato; iteração e realimentação controlada; e respostas estatísticas do grupo [19]. Estas são descritas a seguir:

- Anonimato: opiniões dos membros do grupo são obtidas por meio de questionários formais; todos os resultados e comentários são enviados de forma anônima.
- Iteração e realimentação controlada: a iteração tem o intuito de repetir as ações de forma sistemática; entre cada iteração a realimentação controlada tem como objetivo repassar novas informações para o grupo a respeito dos resultados obtidos anteriormente.
- Resposta estatística do grupo: as opiniões individuais devem ser agregadas e servir de subsídio para as próximas iterações. Na última iteração, as ideias e opiniões são listadas de forma estatística.

Por meio do anonimato, pretende-se evitar: que membros sejam influenciados por outros; a pressão de indivíduos que possuam melhor posição na organização; a dominância de apenas um indivíduo; informações irrelevantes na comunicação; e a tendência de conformidade.

A iteração e realimentação controlada tem a intenção de: receber comentários dos participantes; sanar dúvidas; e identificar pontos de discrepância. Por fim, as respostas estatísticas do grupo têm a finalidade de agregar os resultados individuais, de forma que represente o grupo como um todo; auxiliar os participantes em iterações futuras; e gerar o resultado final do processo.

## 2.8 Gestão do conhecimento e Lições aprendidas

Pode-se caracterizar o conhecimento como explícito e tácito. A principal diferença entre eles é que o conhecimento explícito pode ser encontrado em documentos e base de dados, ou seja, tem a capacidade de ser codificado e transferido. Já o tácito é baseado em experiências pessoais, advindos das emoções, vivências, valores e ideias do indivíduo, assim formalizá-lo e compartilhá-lo torna-se difícil [22].

A Gestão do Conhecimento (GC) é o processo de capturar, desenvolver, compartilhar e utilizar de forma efetiva os conhecimentos organizacionais e tem como objetivo melhorar as atividades, contribuir para o aprendizado e reduzir o tempo necessário para respostas. A dificuldade na gestão do conhecimento está em converter o conhecimento tácito em explícito [23].

Um modo para obter esta conversão é por meio das Lições Aprendidas (LA), que podem ser definidas como um conhecimento adquirido através da experiência, e que é capturado, registrado, analisado e compartilhado. Estas experiências podem ser tanto positivas quanto negativas [23].

A experiência positiva pode ser aquela que teve o resultado bem-sucedido, sendo igual ou melhor que o planejado. O objetivo de armazená-las é que estas podem ser utilizadas em atividades futuras, podendo assim repetir estes bons resultados e trazer benefícios para a organização. Já experiências negativas são aquelas que tiveram consequências ruins, abaixo do planejado. Estas têm como finalidade evitar sua recorrência de forma a evitar erros futuros, assim prevenindo o retrabalho e economizando tempo e custo [22].

Para ser considerada uma boa prática de gestão de conhecimento, deve-se estabelecer um processo para tratamento das lições aprendidas. Um processo simples para lidar com as lições aprendidas pode conter as seguintes etapas: captura, análise, implementação e melhoria. Na etapa de captura acontecem as identificações e registros das situações ocorridas e suas consequências [24].

Na análise, deve-se verificar se a lição aprendida está corretamente estruturada e se terá valor para atividades futuras, sendo a opinião de especialistas de suma importância neste momento. A etapa de implementação refere-se às atividades de armazenar e compartilhar o conteúdo gerado. Por último, a melhoria deve ocorrer para revisar o conteúdo armazenado, com o intuito de eliminar registros expirados ou possivelmente duplicados.

O processo de tomada de decisões pode gerar diversas lições aprendidas que poderão servir de subsídio para decisões futuras. As lições obtidas em uma tomada de decisão podem ser desde o resultado, e se sua aplicação foi positiva ou negativa, até algum acontecimento durante o processo, que se queira evitar ou repetir futuramente.

Neste contexto as experiências podem influenciar em decisões futuras, tornando visível a necessidade em transformar as experiências em conhecimento organizacional, ou seja, registrar os acontecimentos importantes em lições aprendidas, de forma que venham a contribuir positivamente no futuro. Assim, fica clara a necessidade de armazenar, disseminar e reutilizar as lições aprendidas.

## 2.9 Projeto Gaia

O projeto Gaia, do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina (UEL), tem como objetivo propor soluções inovadoras para apoiar e realizar projetos de TI. Essas soluções visam demonstrar como implementar os processos que em muitos modelos apresentam somente as diretrizes. Outro diferencial é a preocupação em gerenciar as lições aprendidas, que são importantes para auxiliar na manutenção dos processos e em decisões para direcionar em relação ao futuro. Alguns dos trabalhos desenvolvidos no projeto Gaia são:

- Gaia Estimativa: *framework* proposto apoiar a gerência e avaliação do processo de estimativa de *software* por meio de níveis de maturidade, serviços e questionário de avaliação diagnóstica [25].
- Gaia Riscos: *framework* proposto para o gerenciamento de riscos no processo de desenvolvimento de *software* (PDS), foi desenvolvido com o intuito de permitir a implantação gradativa e incremental da gerência de riscos no PDS por meio de níveis de maturidade, serviços e questionários de avaliação [26].
- Gaia Lições Aprendidas: *framework* proposto para aplicar a prática de lições aprendidas de forma gradativa e incremental dentro do processo de desenvolvimento de *software* com o objetivo de aumentar a qualidade dos *softwares* e o conhecimento dentro da organização [27].
- GAIA Recursos Humanos: *framework* proposto para integrar as áreas de recursos humanos e gerência de serviços de TI por meio de níveis de maturidade, serviços e questionário de avaliação. Tem como objetivo melhorar a qualidade no desenvolvimento de *softwares* [28].

Outras ferramentas e modelos podem ser visualizados por meio do site<sup>1</sup> do projeto. A partir destes modelos e das lições aprendidas geradas, diversas informações ficaram disponíveis para auxiliar em decisões, porém não havia um método definido para a tomada de decisão de forma a aproveitar tal conhecimento. Este foi um dos motivos para o desenvolvimento do Gaia Decisões, que resultou neste trabalho.

## 2.10 Trabalhos correlatos

Devido à complexidade dos problemas multicritérios, várias abordagens foram desenvolvidas para melhorar o processo de tomada de decisão. Na literatura, é possível encontrar essas diferentes abordagens. Triantaphyllou [4] afirma que procurar o melhor método para o apoio multicritério à decisão é um objetivo ilusório, podendo nunca ser alcançado. Todos os modelos possuem pontos fortes e prontos fracos, logo, modelos diferentes são aconselhados para diferentes tipos de problemas. Pode-se dividir os problemas de decisão em duas categorias: discretos, quando se tratam de um número finito de alternativas; e contínuos, quando o número de alternativas pode ser pensado como infinitamente grande [1].

Para chegar ao consenso entre os participantes, pode-se utilizar diferentes formas, Saaty [29] propõe duas: agregação individual de julgamentos (*aggregation of individual judgment* – AIJ), que deve ser utilizado com grupos que possuam afinidade, e agregação individual de prioridades (*aggregation of individual priorities* – AIP), que melhor se adapta para grupos com opiniões distintas, como por exemplo, uma decisão onde diversas filiais espalhadas pelo mundo devem participar.

Para o AIJ, as opiniões são colhidas no momento de realizar as comparações. Como resultado deve-se obter apenas uma matriz que represente a preferência do grupo. No AIP, cada participante deve expor suas preferências separadamente, obtendo uma matriz individual para cada membro da equipe. Por fim, um cálculo deve ser realizado para obter o resultado final que representará a opinião do grupo como um todo. Outros trabalhos apresentam diferentes formas para chegar ao consenso. A Tabela 9 apresenta a comparação de trabalhos de tomada de decisão.

É possível observar na Tabela 9 que a utilização da tomada de decisão pode ocorrer de forma colaborativa ou individual, como em Nefeslioglu [33]. O método do AHP é amplamente utilizado de forma colaborativa, e o modo para alcançar o consenso é variado. Bryson [30] e Scala [34] apresentam métodos próprios, Kim [31] utiliza software, de modo que não é possível ver o procedimento aplicado. Já Srdjevic [36] e Lai [32] utilizam o método mais comum, indicado por Saaty [3], que busca a concordância através da média geométrica. Por fim, Smits [35] utiliza o Delphi, tanto para capturar as preferências dos

<sup>1</sup> <<http://gaia3.uel.br/>> Acessado em: 06/04/2016



Tabela 9 – Comparação de trabalhos correlatos

Trabalho	Método	Colaborativo	Consenso	Lições Aprendidas
Bryson [30]	AHP	Sim	Método próprio	Não
Kim [31]	AHP	Sim	<i>Software</i>	Não
Lai [32]	AHP	Sim	Média geométrica	Não
Nefeslioglu [33]	AHP	Não	Não	Não
Scala [34]	AHP	Sim	Método próprio	Não
Smits [35]	Delphi	Sim	Delphi	Não
Srdjevic [36]	AHP	Sim	Média geométrica	Não
Gaia Decisões	AHP	Sim	Delphi	Gaia L.A.

decisores, quanto para chegar ao consenso.

Este trabalho apresentará uma abordagem para tomada de decisão colaborativa através da utilização do AHP, para obter as preferências dos decisores, e do Delphi para buscar o consenso entre os participantes. Os problemas que poderão utilizar esta abordagem devem ser discretos, ou seja, possuir número finito de alternativas. Apesar da existência de estudos aplicando o AHP em diversas áreas [15] [37], este estudo se limitará às decisões no processo de desenvolvimento de software, atendendo aos requisitos da gestão de decisões de modelos na área de Engenharia de Software [8] [9] [10].

O diferencial da abordagem proposta é a união dos modelos AHP e Delphi para a solução de problemas de forma que diversos interessados possam participar do processo, além de atender aos requisitos do MPS.BR, CMMI e ISO 12207 e realizar a gestão das lições aprendidas com o objetivo de registrar as experiências geradas na tomada de decisão. Com a gestão das lições aprendidas, o GAIA Decisões tende a gerar conhecimentos que possam servir de subsídios para decisões futuras, enquanto outros trabalhos visam apenas a solução do problema.

De forma sistêmica, este trabalho apresentará uma abordagem para o processo de tomada de decisão, desde a estruturação do problema, passando pela busca do consenso, até o armazenamento das lições aprendidas, mantendo as seguintes características:

- Permitir a subjetividade na avaliação de um número finito de alternativas;
- Propriedades matemáticas que podem ser aplicadas em diversos tipos de problemas;
- Entrada simplificada das preferências dos decisores;
- Estrutura em hierarquia, permitindo aos decisores focarem em uma pequena área de um problema grande;
- Mecanismo para identificar inconsistência;
- Mecanismo para alcançar o consenso do grupo.

- Evitar pressões ao decisor por meio do anonimato.
- Gerar documentos com lições aprendidas.

Neste trabalho, também será apresentado um sistema para apoiar o processo de tomada de decisão colaborativa que implementará todas as fases da abordagem proposta. Apesar do desenvolvimento do sistema não estar no escopo principal do trabalho, durante a realização da pesquisa ficou evidente a necessidade de uma ferramenta para auxiliar na aplicação da proposta.

O sistema será responsável por realizar os cálculos das preferências individuais, verificar a consistência nos julgamentos, realizar a síntese dos resultados e armazenar os dados resultantes da decisão e as lições aprendidas geradas durante o processo.

### 3 GAIA DECISÕES

Neste capítulo é apresentado a importância da tomada de decisão para a governança de TI, e como a abordagem proposta está aplicada nos processos de tomada de decisão de acordo com os modelos CMMI, MPS.BR e ISO 12207. Também é demonstrado todas as fases necessárias para a aplicação do Gaia Decisões. Para tornar a explicação mais prática, um exemplo para seleção de fornecedor é utilizado, este exemplo abrange todas as fases da proposta. Todas as informações e valores utilizado para a decisão de seleção de fornecedor são fictícios.

#### 3.1 Decisão na Governança de TI

A governança de TI é um modelo conceitual, utilizado para auxiliar as organizações a alcançarem o planejamento estratégico. Dependendo do tipo, da área de atuação e de outras características da organização, o modelo a ser utilizado pode ser diferente. Para que seja possível alcançar o objetivo da governança de TI, diversos modelos, padrões, *frameworks* e guias foram desenvolvidos para auxiliar as empresas. A Figura 10 apresenta uma visão maximizada destes conceitos.

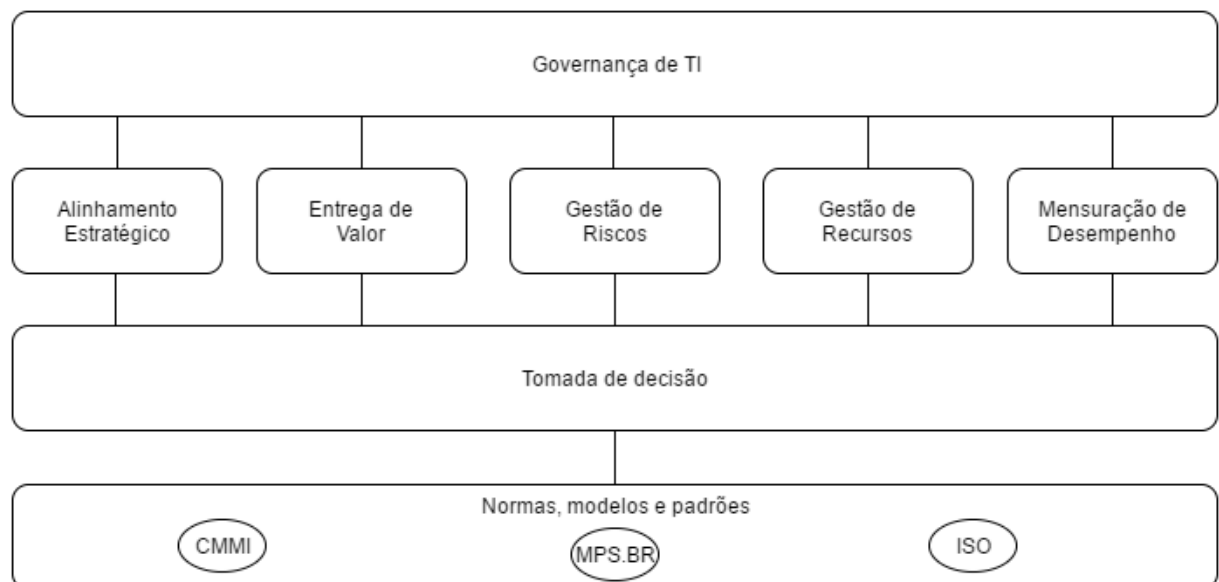


Figura 10 – A tomada de decisão na governança de TI. (Adaptado de [38])

Na Figura 10, é possível identificar a necessidade do processo de tomada de decisão para garantir a qualidade e efetividade na governança de TI. Este processo é requisito para alguns dos modelos apresentados na Figura 10, como o CMMI, MPS.BR e a ISO/IEC 12207:2008. Estes modelos têm como objetivo aumentar o nível de maturidade das or-

ganizações através de metas e melhoria contínua dos processos de desenvolvimento de software.

O processo de decisão deve ser utilizado para questões que envolvam riscos ou que possam afetar a capacidade de alcançar o objetivo. Alguns exemplos que podem utilizar o processo de tomada de decisão são:

- Seleção de portfólio;
- Decisão de fazer ou comprar (*make-or-buy decision*);
- Escolha entre equipamentos ou entre softwares (*trade study*);
- Seleção de fornecedor;
- Tratamento de riscos;
- Alocação de recursos;

A Figura 11 apresenta, de forma genérica, as fases do processo de decisão de acordo com o MPS.BR, CMMI e ISO 12207. O processo inicia-se assim que a necessidade de tomar uma decisão complexa for reconhecida. Primeiramente deve-se identificar os critérios, em seguida definir as alternativas possíveis para a solução do problema. Posteriormente, é necessário selecionar o método de avaliação e comparar as alternativas de acordo com os critérios previamente identificados. Por último, as alternativas são classificadas de acordo com o resultado das avaliações, obtendo assim a ordenação delas.

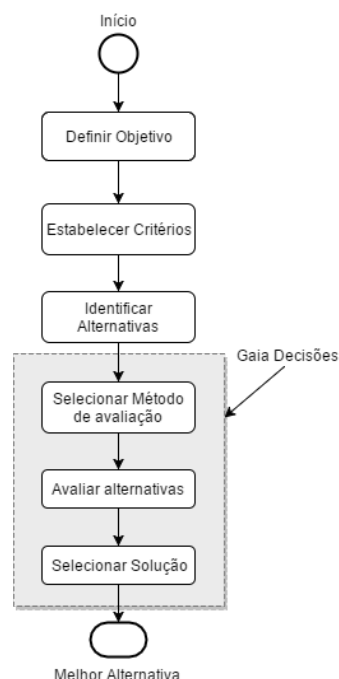


Figura 11 – Fases para o processo de tomada de decisão.

## 3.2 Abordagem proposta

Após identificar a necessidade do processo de tomada de decisão, definir o objetivo, realizar o levantamento dos critérios para avaliação e das possíveis alternativas para solução, deve-se dar início aos conceitos da abordagem proposta. Esta abordagem tem como objetivo, baseando-se na Figura 11, propor um método para avaliação, acompanhar a fase de avaliação das alternativas de forma colaborativa e disponibilizar um método para buscar o consenso entre os participantes, a fim de obter a classificação das alternativas de forma que represente a todos os decisores. A Figura 12 apresenta as fases do Gaia Decisões.

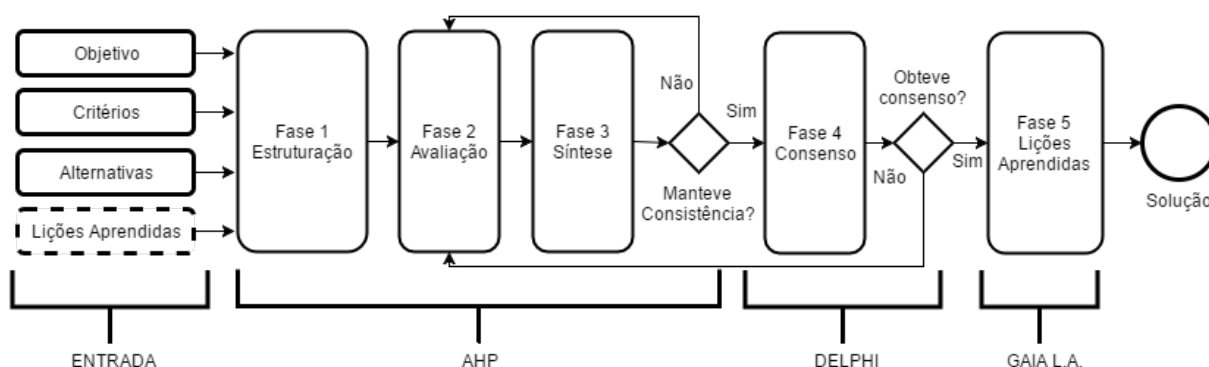


Figura 12 – A estrutura da abordagem para tomada de decisão colaborativa.

Conforme pode ser observado na Figura 12, as Fases 1, 2 e 3 utilizam conceitos do método AHP para estruturar o problema em hierarquia, gerar matrizes de comparação, obter as preferências dos decisores e calcular os resultados. A Fase 4 utiliza conceitos do método Delphi para buscar o consenso entre os participantes. Para exemplificar proposta, um exemplo foi desenvolvido. As seções a seguir irão detalhar todas as fases apresentadas na Figura 12 utilizando um problema real.

### 3.2.1 Requisitos básicos

Para a aplicação desta metodologia, é necessária a participação de um facilitador, também chamado de moderador, que tem como objetivo estruturar o problema, gerar as matrizes de comparação, conduzir os participantes nas fases do processo, auxiliar em casos de dúvidas e realizar os cálculos para a obtenção dos resultados. Também é necessário um grupo de participantes, que terão o papel de decisor. Os decisores receberão as matrizes comparativas a serem preenchidas, através de comparações pareadas. Eles devem realizar estas comparações utilizando a escala fundamental.

### 3.2.2 Exemplo: Seleção de fornecedor

Para explicar todas as fases do Gaia Decisões será utilizado o exemplo para seleção de fornecedor. Neste exemplo são utilizados três critérios e dois fornecedores para serem

avaliados. Também conterà a opinião de três decisores, de forma que demonstre a tomada de decisão colaborativa. Os critérios utilizados são: Custo, Entrega e Qualidade; estes são baseados em Rajesh e Malliga [39]. Já os fornecedores são denominados como: Fornecedor A e Fornecedor B. Os decisores serão referenciados como: Decisor 1, Decisor 2 e Decisor 3. As descrições dos critérios são apresentadas a seguir.

- **Custo:** Verifica se os custos são compatíveis com o mercado, partindo do princípio que eles devem ser reduzidos.
- **Qualidade:** Avalia se a qualidade dos serviços ou produtos que estão sendo obtidos satisfaz as necessidades do projeto.
- **Entrega:** O desempenho das entregas é analisado a partir de duas características: velocidade e confiabilidade. Velocidade é o tempo gasto por uma empresa para completar a execução de um pedido e confiabilidade é a capacidade da empresa em realizar a entrega conforme combinado.

Os fornecedores possuem as seguintes características:

- **Fornecedor A:** Possui a capacidade de entregar os serviços na data prevista, costumam cobrar valores abaixo do mercado, cerca de 10%. A qualidade fica abaixo do desejável, apesar de ser possível sua utilização.
- **Fornecedor B:** Possui a capacidade de entregar os serviços na data prevista, porém em alguns casos podem atrasar. O valor cobrado fica acima do valor de mercado, aproximadamente 5%. As qualidades dos produtos são excelentes, ficando acima do esperado.

Para iniciar o processo do Gaia Decisões deve-se definir o objetivo, os critérios, as alternativas e as lições aprendidas. O objetivo é a decisão a ser tomada; os critérios serão utilizados para avaliar as alternativas em relação ao objetivo; as alternativas são as possíveis soluções para a decisão; e as lições aprendidas são experiências registradas que podem auxiliar na decisão. Com todas as informações disponíveis deve-se iniciar a Fase 1, de estruturação.

### 3.3 Fase 1 - Estruturação

Esta fase deve ser desenvolvida pelo moderador da sessão, que será o responsável por tratar todos os dados. A partir do fornecimento do objetivo, critérios e alternativas, o problema deve ser estruturado. Como a proposta é utilizar o método AHP, o problema será estruturado em hierarquia, onde o primeiro nível deverá conter o objetivo, o segundo

nível os critérios e por último as alternativas. A Figura 13 mostra como ficará a hierarquia do problema para seleção de fornecedores.

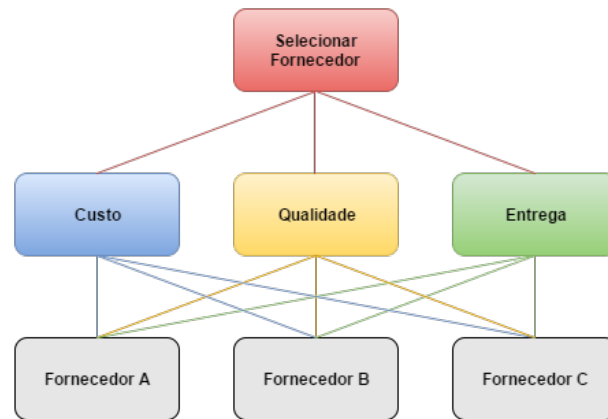


Figura 13 – Hierarquia do problema de seleção de fornecedor.

A Figura 14 mostra as matrizes que serão utilizadas na Fase 2 para obter as preferências dos decisores. Em (a) está a matriz para realizar as comparações dos critérios, em (b) (c) (d) estão as matrizes para comparações das alternativas, em relação aos seguintes critérios: custo, qualidade e entrega; respectivamente. Após finalizar a estruturação e a geração das matrizes, deve-se iniciar a Fase 2, avaliação.

	Custo	Qualidade	Entrega
Custo	1		
Qualidade		1	
Entrega			1

(a)

	Critério: Custo		
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C
Fornecedor A	1		
Fornecedor B		1	
Fornecedor C			1

(b)

	Critério: Qualidade		
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C
Fornecedor A	1		
Fornecedor B		1	
Fornecedor C			1

(c)

	Critério: Entrega		
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C
Fornecedor A	1		
Fornecedor B		1	
Fornecedor C			1

(d)

Figura 14 – Matrizes comparativas para o problema de seleção de fornecedor.

### 3.4 Fase 2 - Avaliação

Na primeira aplicação desta fase, o moderador deve fornecer as informações necessárias para os participantes que realizarão os julgamentos. Nestas informações devem estar disponíveis o problema estruturado em hierarquia, Figura ??, e as matrizes para que os decisores possam expressar suas preferências, Figura ??. Também pode ocorrer a existência de lições aprendidas que podem auxiliar os participantes a explicitarem suas

preferências. Durante a aplicação, os decisores devem ser mantidos anônimos, de forma que diminua a influência de um sobre o outro.

Para expor suas preferências, os decisores devem realizar comparações pareadas de acordo com as matrizes. Nestas comparações, o decisor deve se perguntar qual o critério ou alternativa contribui mais para o objetivo. Nos casos de comparações das alternativas, estas devem considerar o critério referente à matriz. Para expressar o grau de importância, utiliza-se a escala fundamental, apresentada anteriormente na Seção 2.6.2, Tabela 2.

Utilizando a matriz de comparação dos critérios para o problema de seleção de fornecedor, primeiramente deve-se comparar o critério custo e qualidade, através das perguntas: “Entre custo e qualidade, qual critério é mais importante para o objetivo de selecionar fornecedor?” e “Quanto este critério é mais importante que o outro?”. Estas perguntas devem ser repetidas para as comparações dos critérios: custo x entrega e qualidade x entrega, de forma que a matriz fique completa. A Figura 15 apresenta a matriz de comparação dos critérios preenchida com as preferências de um dos decisores.

	Custo	Qualidade	Entrega
Custo	1	0,33	1
Qualidade	3	1	5
Entrega	1	0,20	1

CR = 2,5%

Figura 15 – Matriz comparativa de critérios preenchida por um decisor.

Na Figura 15 é possível observar que o decisor definiu que qualidade é moderadamente mais importante que custo, valor 3 na escala fundamental, desta forma o valor recíproco deve ser inserido, ou seja, custo tem um terço de importância em relação a qualidade. O mesmo deve acontecer para as outras comparações. Após finalizar as comparações dos critérios, deve-se iniciar as comparações das alternativas. A Figura 16 apresenta a matriz de comparação dos fornecedores referente ao critério custo de acordo com a opinião de um decisor.

	Critério: Custo		
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C
Fornecedor A	1	5	3
Fornecedor B	0,20	1	0,33
Fornecedor C	0,33	3	1

CR = 3,3%

Figura 16 – Matriz comparativa de alternativas em relação ao critério risco.

Em seguida deve-se realizar as comparações das matrizes de alternativas em relação aos outros critérios, neste caso para os critérios qualidade e entrega. Todos os decisores



devem preencher ao menos uma vez a matriz de comparação dos critérios e as de comparações das alternativas.

Para o exemplo aplicado, cada participante deve possuir uma matriz de critérios preenchida e três matrizes de alternativas, uma para cada critério. Assim que todos tiverem concluído a fase de avaliação inicia-se a Fase 3, onde deverá ser verificado as consistências das matrizes e obtido as preferências individuais.

Em casos onde o consenso não seja alcançado, esta fase deve ser aplicada novamente. No entanto, nas informações a serem repassadas para os integrantes do processo, devem ser adicionados os resultados obtidos na Fase 4. Espera-se que com estes valores os participantes, que estejam inconsistentes com os outros, possam rever seus julgamentos e refazê-los com a intenção de melhorar o resultado da decisão em grupo.

### 3.5 Fase 3 - Síntese

O moderador deve ser responsável por toda a fase de síntese, que tem como objetivo converter as matrizes resultantes da Fase 2 em vetores de prioridade, os quais representarão o quanto cada critério influencia para alcançar o objetivo, além do desempenho de cada alternativa em relação aos critérios. Neste momento, também é possível verificar a consistência de cada matriz, caso a inconsistência esteja acima do máximo permitido, o moderador deve solicitar ao decisor que reveja seus julgamentos, com o intuito de torná-lo consistente.

A partir da matriz de comparação, apresentada na Figura 15, deve-se gerar a matriz normalizada. Para isto é necessário somar os valores de cada coluna da matriz de comparação, em seguida deve-se dividir o valor da soma pelo valor da comparação. A partir da matriz normalizada será possível obter o vetor de prioridade e verificar a consistência das comparações. A Figura 17 apresenta a soma das colunas e os cálculos realizados para formar a matriz normalizada.

	Custo	Qualidade	Entrega
Custo	$1 / 5 = 0,20$	$0,33 / 1,53 = 0,22$	$1 / 7 = 0,14$
Qualidade	$3 / 5 = 0,60$	$1 / 1,53 = 0,65$	$5 / 7 = 0,71$
Entrega	$1 / 5 = 0,20$	$0,20 / 1,53 = 0,13$	$1 / 7 = 0,14$
Soma	5	1,53	7

Figura 17 – Soma das colunas e valores da matriz normalizada.

Como é possível verificar na Figura 17, o resultado das somas dos valores das colunas custo, qualidade e entrega são 5, 1.53 e 7, respectivamente. A divisão da comparação realizada pelo decisor pela soma de sua respectiva coluna, resulta no valor que compõe

a matriz normalizada. Partindo desses valores é possível calcular o vetor de preferência através da média aritmética dos valores, da linha, de cada critério. A Tabela 10 apresenta os cálculos para obtenção do vetor.

Tabela 10 – Cálculo do vetor de prioridade

	Vetor de prioridade (cálculo)	Vetor de prioridade (resultado)
Custo	$(0,20+0,22+0,14)/3=0,187$	18,70%
Qualidade	$(0,60+0,65+0,71)/3=0,653$	65,30%
Entrega	$(0,20+0,13+0,14)/3=0,157$	15,70%

É possível observar, através do vetor de prioridade, que o decisor considera o critério qualidade com maior relevância para selecionar o fornecedor, seguido de custo e entrega. Após obter as prioridades, é necessário validar a consistência da matriz. Para isto deve-se calcular o índice de consistência (CI) e a taxa de consistência (CR), como explicado anteriormente na Seção 2.6.3. As Equações 3.1, 3.2 e 3.3 apresentam os cálculos para validar a consistência.

$$\lambda_{max} = (0,187 * 5) + (0,653 * 1,53) + (0,157 * 7,00) = 3,034 \quad (3.1)$$

$$CI = \frac{3,034 - 3}{3 - 1} = 0,017 \quad (3.2)$$

$$CR = \frac{0,017}{0,58} = 0,03 \quad (3.3)$$

O índice de consistência, obtido através da equação 3.2, aponta que a matriz de julgamento possui um baixo nível de inconsistência. Também é possível observar que a taxa de consistência (CR) está dentro do máximo aconselhado, sendo assim, a matriz é considerada válida. Caso a taxa de consistência fique acima do nível aconselhado, recomenda-se que o decisor refaça os julgamentos. Este processo deve ser repetido também para as matrizes de comparações das alternativas. Devido à quantidade de matrizes a serem calculadas e validadas, a utilização de *software* para auxiliar é altamente recomendado.

Após verificar a consistência de todas as matrizes, o resultado será um vetor de prioridade para os critérios e um vetor de prioridade das alternativas referente a cada critério, isso deve ocorrer para cada participante. No exemplo para selecionar fornecedor, o resultado de cada decisor será um vetor para os critérios e quatro para as alternativas.

O último passo nesta fase é obter as prioridades globais das alternativas; para isso, deve-se somar os produtos entre o peso de desempenho da alternativa e o peso do critério. A Figura 18 contém os valores dos vetores das alternativas em relação a cada critério, as prioridades dos critérios e o vetor de prioridade global.

	Vetor de prioridade das alternativas			Prioridade Global
	Custo	Qualidade	Entrega	
Fornecedor A	0,633	0,083	0,428	0,240
Fornecedor B	0,106	0,723	0,428	0,559
Fornecedor C	0,260	0,193	0,143	0,191
Prioridade Critérios	0,187	0,653	0,157	

Figura 18 – Vetores de prioridade e vetor de prioridade global.

É possível observar na Figura 18 que o decisor priorizou o Fornecedor A como mais importante, com mais que o dobro que o segundo e o terceiro. O Fornecedor A ficou em segundo, com um desempenho próximo ao Fornecedor C, que ficou em terceiro. Este resultado representa a opinião de apenas um participante, e cada participante deve possuir seu vetor de prioridade global. O vetor de cada participante será a entrada para a próxima fase, que irá verificar se o consenso entre os participantes foi alcançado ou será necessário uma nova aplicação da fase de avaliação.

### 3.6 Fase 4 - Consenso

Apesar do Delphi já estar presente em outras fases, nesta fica evidente sua aplicação no Gaia Decisões. Por meio da estatística dos dados obtidos na fase anterior, o moderador deverá decidir se encerra o processo de tomada de decisão ou se será necessário realizar as avaliações novamente. A iteração e a realimentação controlada por meio de respostas estatísticas são características principais do Delphi.

De acordo com o Delphi, os critérios utilizados para definir o final da aplicação são subjetivos, ficando o moderador encarregado de decidir o melhor momento. Os valores utilizados para verificar o nível de consenso entre os participantes são: mínimo, máximo, média e mediana. Caso o consenso não seja obtido, recomenda-se a repetição da fase de avaliação, utilizando os valores obtidos nesta fase como subsidio, de forma que agregue valor e auxilie os decisores nas próximas comparações.

Após o cálculo de todos os vetores de prioridade, o moderador será encarregado de decidir se o consenso foi obtido. Quando a divergência for baixa entre os participantes, o mesmo decidirá se o resultado é suficiente para finalizar ou se deverá ocorrer uma nova sessão de avaliação. E quando existir uma grande divergência, automaticamente será necessário repetir a avaliação, a menos que a quantidade de repetições seja alta ou a variação entre uma aplicação e outra não tenha diferenças significativas.

Embora o Delphi deixe em aberto em qual momento deve-se encerrar a tomada de decisão, obtendo-se assim o resultado final, a abordagem proposta utiliza-se de valores que podem servir de referência para futuras aplicações. Porém estes valores não são únicos

e podem ser alterados de acordo com as necessidades das organizações. Eles variam de acordo com a quantidade de participantes, e podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores de referencia para os critérios de parada.

Participantes	Consenso	Divergência	Variação	Iteração
2 ou 3	Unanimidade	6%	Alteração na ordem de prioridade ou alteração maior que 10% de alguma alternativa	3
4 ou 5	Três quartos da maioria	10%	Alteração na ordem de prioridade ou alteração maior que 15% de alguma alternativa	5
6 ou mais	Simples maioria	14%	Alteração na ordem de prioridade ou alteração maior que 20% de alguma alternativa	7

É possível visualizar na Tabela 11 que conforme a maior quantidade de participantes na tomada de decisão, menor é a exigência para alcançar o consenso e maior a flexibilidade dos critérios de parada. Isto ocorre por causa da subjetividade que está presente no processo de tomada de decisão. O consenso é definido pela concordância entre os participantes. A divergência é a variação entre a opinião dos participantes, e pode ser calculada por meio da amplitude interquartil. A variação ocorre entre duas iterações e representa o quanto um decisor alterou sua opinião. A iteração corresponde a quantidade de repetições da fase de avaliação.

Para verificar o grau de concordância e divergência entre os participantes, deve-se calcular a média e a mediana entre os valores dos vetores de prioridades globais. Através dos valores: máximo, mínimo, média e mediana; e com base nos valores da Tabela 11, o moderador definirá a necessidade de reavaliação ou a finalização do processo. Caso seja optado pela necessidade da aplicação da fase de avaliação novamente, os dados gerados na fase de síntese e consenso devem ser estruturados de forma que auxiliem nas próximas comparações dos decisores. A Figura 19 apresenta o fluxograma desta fase e as condições para encerrar ou repetir o processo.

Na Figura 19, os valores de entrada são os vetores de prioridades dos decisores. Após agregar os resultados individuais em uma saída única, o moderador deverá analisar as informações que possui e verificar as condições necessárias para definir o passo a seguir, reavaliar ou encerrar o processo. Durante toda a aplicação do processo novas experiências são adquiridas, e para que elas resultem em valores para a organização é necessário ser armazenamento. Desta forma, a fase a seguir demonstra como fazer a gestão destas informações por meio das lições aprendidas.

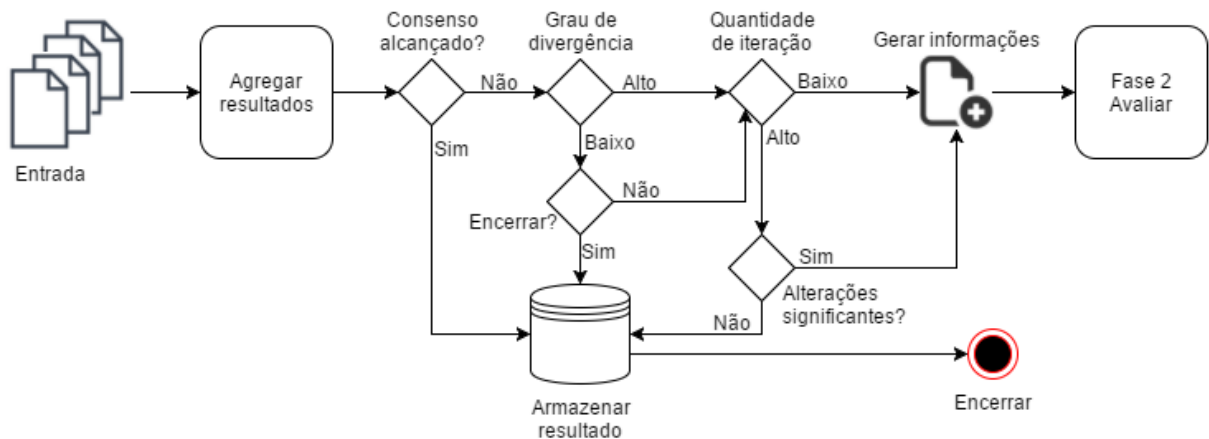


Figura 19 – Fluxograma da Fase 4, consenso.

### 3.7 Fase 5 - Lições aprendidas

Para gerenciar as Lições Aprendidas (LA), deve-se utilizar o modelo Gaia L.A. [22]. Este contém cinco níveis de maturidade e é composto por oito serviços. Os níveis são definidos como: inicial, conhecido, realizado, gerenciado e otimizado. Já os serviços são: identificar os processos em que ocorrem as LA, criar banco de dados para armazenar as LA, capturar LA, avaliar LA, armazenar LA, disseminar LA, consultar LA e gerenciar LA. A Figura 20 representa os níveis de maturidade e os serviços do Gaia L.A.

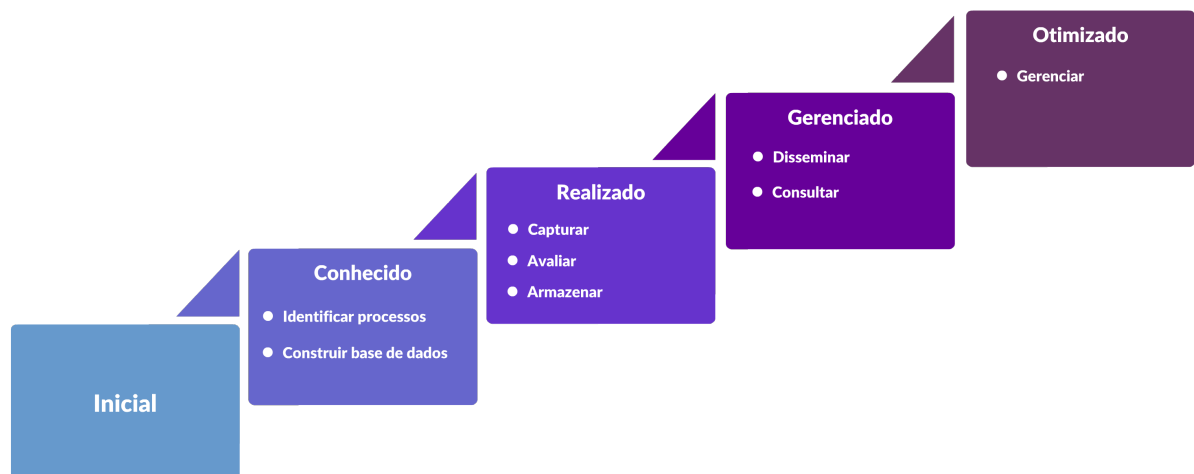


Figura 20 – Níveis de maturidade e serviços do Gaia L.A. [22]

Como é possível observar na Figura 20, partindo da aplicação dos serviços é possível definir em qual estágio a organização se encontra. No nível inicial encontram-se as organizações que não implementam os serviços; na categoria conhecido, deve-se aplicar os conceitos dos serviços de identificação dos processos e criação do banco de dados; o nível realizado é composto por capturar, avaliar e armazenar as LA; para gerenciado, são necessários: disseminar e consultar as LA; e para alcançar o nível máximo de maturidade, otimizado, deve-se aplicar todos os serviços anteriores, além de gerenciá-los.

O modelo Gaia L.A. foi desenvolvido para auxiliar os gestores durante todo o processo de desenvolvimento de software. A tomada de decisão pode ser definida como um subprocesso do desenvolvimento de software e, ao utilizar o modelo para gestão de lições aprendidas, alguns dos serviços são predefinidos. A Tabela 12 apresenta os níveis do modelo, os serviços que os compõem, uma breve descrição e como este serviço é aplicado na abordagem proposta.

Tabela 12 – Tabela dos serviços da Gaia L.A. aplicado na Gaia Decisões

Nível	Serviço	Descrição	Aplicação
Inicial	-	-	-
Conhecido	Identificar os processos em que ocorrem LA	Identifica e lista quais atividades podem gerar LA	A atividade é predeterminada, neste caso, a tomada de decisão.
	Construir banco de dados para armazenar as LA	Cria-se um banco de dados específico, ou um complemento dentro da base de dados histórico, para armazenar as LA	As LA ficarão armazenadas na mesma base de dados que a documentação da decisão.
Realizado	Capturar LA	Definir formas e métodos para capturar as LA dentro do processo, além de explicitar os responsáveis por tal.	Durante o processo de tomada de decisão, o moderador da sessão poderá descrever as LA encontradas.
	Avaliar LA	Definir mecanismos para avaliar se as LA deverão ser armazenadas ou descartadas.	Por ser geralmente um especialista na área, e com conhecimentos sobre o processo de tomada de decisão, espera-se que todas as LA identificadas gerem informações relevantes.
	Armazenar LA	Definir parâmetros para classificar as LA de forma que facilite a busca futuramente.	Os parâmetros são predefinidos como: problema a ser resolvido, critérios, alternativas ou dificuldade em alguma fase do processo.
Gerenciado	Disseminar LA	Realizar a disseminação da LA dentro da organização.	Ao finalizar o processo, as lições aprendidas serão divulgadas junto com os resultados.
	Consultar LA	Organizar as LA de forma que facilite a busca.	As LA devem ser armazenadas junto com o resultado da decisão. Desta forma, é possível encontrá-las por meio das variáveis utilizadas no processo.
Otimizado	Gerenciar LA	Gerenciar todos os serviços anteriores.	Utilizar as LA armazenadas e continuar gerando documentos, para auxiliar em decisões futuras.

Como é possível visualizar na Tabela 12, a abordagem proposta contempla todos os serviços necessários para a gestão de lições aprendidas. Assim, pode-se definir que com a aplicação da proposta será alcançado o nível máximo de maturidade para a gestão de lições aprendidas, no processo de tomada de decisão.

Alguns exemplos de lições aprendidas que podem ocorrer durante o processo de tomada de decisão são: a inclusão ou exclusão de algum critério, a alteração dos valores apresentados na Tabela 11 de forma que represente melhor a necessidade da organização e a obtenção de alguma informação importante sobre uma das variáveis do problema. Estas informações podem facilitar futuras decisões e por este motivo devem ser armazenadas e reutilizadas.

As consequências da implantação das opções selecionadas também devem ser armazenadas, de forma a evitar os erros e repetir os acertos. As lições aprendidas são os últimos passos do Gaia Decisões. Espera-se que com a aplicação de todo o processo, a abordagem proposta auxilie nas seleções das melhores alternativas para as soluções dos problemas, além de documentar as experiências de modo que possam auxiliar em decisões futuras.





## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação do estudo de caso. Também serão mostrados os dados coletados através do questionário, visando avaliar a abordagem proposta e o sistema desenvolvido. Por fim, será apresentado o sistema, que foi resultado dos esforços para desenvolver uma ferramenta que auxiliasse no processo de tomada de decisão colaborativa.

### 4.1 Estudo de caso: Priorizar riscos

Em um projeto de desenvolvimento de software, cinco riscos foram levantados com o objetivo de serem priorizados. Como o método da matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) é bastante utilizado em diversas organizações, decidiu-se manter os mesmos critérios para avaliação. Os riscos selecionados são descritos a seguir:

- **Mudança da equipe:** Caso algum membro da equipe seja afastado ou adicionado.
- **Alteração no escopo:** Quando novas requisições são adicionadas no escopo do projeto.
- **Atraso na entrega de serviços por terceiros:** Ocorre quando serviços de terceiros não são entregues no prazo de acordo com o cronograma. A partir deste momento, este risco será citado apenas como “atraso na entrega”.
- **Manutenção dos servidores:** Caso algum dos servidores (desenvolvimento, teste, homologação ou outros) fiquem indisponíveis.
- **Problemas com a tecnologia a ser utilizada:** Ocorre quando o cliente, que não tem conhecimento sobre a equipe de desenvolvimento, solicita a utilização de alguma tecnologia desconhecida pela equipe. A partir deste momento, este risco será citado como “problemas com tecnologia”.

Os critérios são descritos a seguir:

- **Gravidade:** É analisada pela consideração da intensidade ou impacto que o problema pode causar se não for solucionado.
- **Urgência:** É analisada pela pressão do tempo que existe para resolver determinada situação. Basicamente leva em consideração o prazo para se resolver determinado problema.

- **Tendência:** É analisada pelo padrão ou tendência de evolução da situação. Pode-se analisar o problema considerando o desenvolvimento que ele terá na ausência de uma ação efetiva para solucioná-lo. Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade dele se tornar maior com o passar do tempo.

Para a aplicação do estudo de caso, um especialista foi selecionado como moderador e ficou responsável por tratar os dados, tanto os iniciais, que devem dar início à sessão, quanto os finais, que poderão encerrar a sessão caso o consenso seja obtido ou reiniciar a Fase 2, de avaliação, a fim de alcançar o consenso.

Para priorizar os riscos, dez especialistas em desenvolvimento de software, entre eles gerentes e desenvolvedores, participaram do processo expondo suas preferências. Os participantes não tinham conhecimento sobre os outros e todo o processo foi realizado de forma anônima entre eles.

Devido à quantidade de matrizes necessárias para os decisores exporem suas preferências, a quantidade de cálculos para verificar a consistência das matrizes, a síntese dos resultados e a existência do consenso entre os participantes, foi desenvolvido um *software* para auxiliar os decisores, facilitando a exposição de suas preferências, e o moderador, automatizando todos os cálculos. Também facilita o anonimato entre os participantes e permite a participação de indivíduos em tempo e espaço diferentes, além de permitir a gestão de lições aprendidas por meio de armazenagem, disseminação e reutilização das mesmas. O *software* e suas características serão descritos no Capítulo 4.

#### 4.1.1 Processo

Após a apresentação, os usuários e o problema foram cadastrados no sistema e a sessão para tomada de decisão teve início. Os participantes começaram a preencher as matrizes através das comparações pareadas. Ao final da fase de avaliação de cada usuário, o sistema disponibilizava os resultados contendo o vetor de prioridade dos critérios e o vetor de prioridade global. Também eram disponibilizados os valores: mínimo, máximo, média e mediana. Desta forma, era possível acompanhar o andamento da sessão e os valores parciais.

Depois que todos participantes realizaram suas comparações, ao menos uma vez, foi possível observar proximidade entre os julgamentos. O processo foi executado mais duas vezes, somando um total de três iterações. Após a terceira repetição, o moderador decidiu encerrar a sessão. Um dos motivos foi que todos os participantes concordaram que alteração no escopo tinha o maior impacto no projeto. A Tabela 13 descreve as ações realizadas em cada iteração e fase, e também apresenta as justificativas para as repetições das avaliações e quais os critérios para encerrar a sessão.

Tabela 13 – Descrição das iterações durante o processo de tomada de decisão

Iteração	Fase	Descrição
Primeira	Estruturação	Moderador cadastrou o objetivo, os critérios e as alternativas para a decisão
	Avaliação	Decisores realizaram pela primeira vez as comparações pareadas, expondo suas preferências
	Síntese	O sistema verificou a consistência das matrizes e calculou as preferências para gerar o vetor de prioridade individual. As matrizes inconsistentes foram reavaliadas.
	Consenso	O sistema realizou a agregação dos resultados individuais e disponibilizou para o moderador. Foi possível observar que a maioria dos participantes concordou sobre o risco de maior relevância, mas houve discordância entre outros. Como o consenso não foi alcançado, e por ser a primeira iteração, optou-se por solicitar a fase de avaliação novamente.
Segunda	Avaliação	Após a solicitação para reavaliação, os decisores puderam visualizar o resultado obtido na sessão anterior e, caso julgassem necessário, refazer as comparações.
	Síntese	Novamente, verificou-se a consistência das matrizes que foram reavaliadas, e calculou-se o vetor de prioridade individual.
	Consenso	Ao visualizar o resultado, pôde-se identificar alterações, de forma que aproximou o grupo a alcançar o consenso. As divergências entre os participantes diminuíram. Decidiu-se realizar uma nova fase de avaliação com o intuito de buscar o consenso.
Terceira	Avaliação	Novamente, os decisores que acharam necessário, realizaram as comparações.
	Síntese	Calculou-se a consistência da matriz e os resultados individuais.
	Consenso	Desta vez, as alterações no resultado foram baixas. O risco de alteração no escopo destacou-se e todos os participantes concordaram que ele tem maior influência no projeto. Já os outros riscos estavam cada vez com valores mais próximos. Devido à baixa taxa de alteração, e levando em consideração a quantidade de participantes, decidiu-se encerrar a sessão utilizando a mediana dos resultados individuais para obter o resultado final.
	Lições aprendidas	Ao encerrar a sessão de tomada de decisão, as lições aprendidas capturadas foram armazenadas e compartilhadas entre os participantes, e também ficaram disponíveis para consultas.

Como é possível observar na Tabela 13, ao final da primeira iteração houve concordância entre alguns dos participantes sobre o critério de maior impacto, porém o consenso não foi obtido. Por ser a primeira aplicação da avaliação, foi solicitada uma nova avaliação, que foi subsidiada pelos resultados obtidos ao final da iteração anterior. Além dos valores, quaisquer informações geradas ou recebidas pelo moderador, que sejam relevantes para auxiliar os decisores a tomar a decisão, devem ser informadas. A Figura 21 apresenta o gráfico dos resultados obtidos ao final da primeira iteração.

Na segunda aplicação da fase de avaliação, observando as informações repassadas da iteração anterior, os decisores refizeram as comparações pareadas. Foi possível observar a melhoria no resultado através da aproximação na opinião dos membros. Vale ressaltar

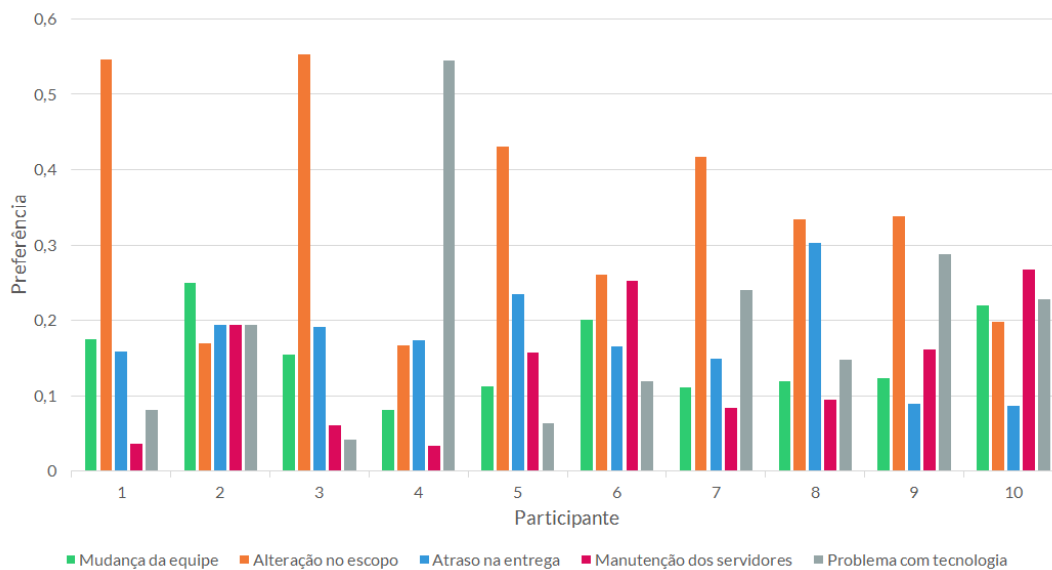


Figura 21 – Resultado da primeira iteração.

que alguns participantes, satisfeitos com sua primeira avaliação, preferiram não alterar os valores. Devido ao avanço dos resultados, optou-se por realizar outra fase de avaliação.

Novamente, baseando-se nas informações das iterações anteriores, os julgamentos foram refeitos. Desta vez o resultado não sofreu alterações relevantes, assim o moderador decidiu por encerrar a sessão. Devido à aproximação dos resultados entre a segunda e a terceira iteração, na Figura 22 são apresentados apenas os valores da iteração final.

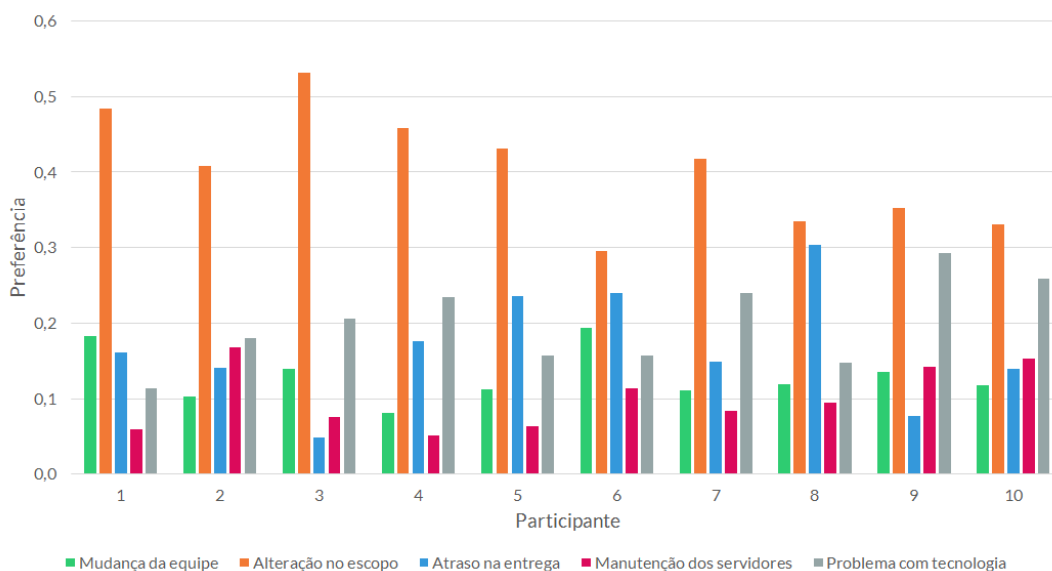


Figura 22 – Resultado da última iteração

Por causa da baixa variação entre a segunda e terceira iteração, além do fato dos julgamentos estarem próximos, o moderador encerrou a sessão. É importante ressaltar que a quantidade de participantes na tomada de decisão influencia diretamente na dificuldade em alcançar o consenso total, assim este critério também influenciou na escolha

em finalizar o processo. Por último, o fato do problema a ser resolvido ser a classificação de uma lista de alternativas, aumenta a complexidade em conseguir a unanimidade entre os participantes. A Figura 23 apresenta a divergência entre os participantes.

	Mudança da equipe	Alteração no escopo	Atraso na entrega	Manutenção dos servidores	Problema com tecnologia
Divergência	4,13%	13,10%	11,30%	8,17%	8,99%

Figura 23 – Divergência entre os participantes.

É possível observar na Figura 23 que a divergência entre os participantes está dentro do limite determinado anteriormente, Seção 3.6. Ao optar por encerrar a sessão sem ter alcançando a unanimidade, foi necessário utilizar o valor da mediana, como indicado pelo Delphi, para agregar os resultados individuais, desta forma obtendo o resultado final, que representa o grupo como um todo. A Figura 24 apresenta os valores do vetor de prioridade de cada decisor e a média geométrica para cada alternativa.

Participante	Mudança da equipe	Alteração no escopo	Atraso na entrega	Manutenção dos servidores	Problema com tecnologia
1	0,1830	0,4835	0,1606	0,0591	0,1138
2	0,1026	0,4076	0,1408	0,1684	0,1806
3	0,1392	0,5313	0,0480	0,0755	0,2060
4	0,0807	0,4582	0,1761	0,0514	0,2338
5	0,1123	0,4312	0,2355	0,0642	0,1568
6	0,1933	0,2952	0,2404	0,1141	0,1570
7	0,1109	0,4174	0,1487	0,0834	0,2397
8	0,1196	0,3343	0,3031	0,0950	0,1479
9	0,1360	0,3531	0,0767	0,1418	0,2922
10	0,1173	0,3314	0,1394	0,1532	0,2587
Mediana	11,85%	41,25%	15,47%	8,92%	19,33%

Figura 24 – Vetores de prioridades globais e médias finais.

A partir da Figura 24 pode-se observar que alteração no escopo ficou em primeiro, em segundo ficou problema com tecnologia, seguido de atraso na entrega. Mudança na equipe e manutenção dos servidores ficaram em quarto e quinto, respectivamente. Assim, o risco que ficou em primeiro deve receber maior atenção sobre os outros. O resultado final é apresentado na Figura 25.

## 4.2 Avaliação da proposta

Para realizar a avaliação da abordagem proposta e do sistema desenvolvido, foi elaborado um questionário composto de oito afirmações utilizando a escala Likert [40], variando entre 1 (Discordo totalmente), 2 (Discordo parcialmente), 3 (Indiferente), 4 (Concordo parcialmente) e 5 (Concordo totalmente). Este questionário teve a intenção

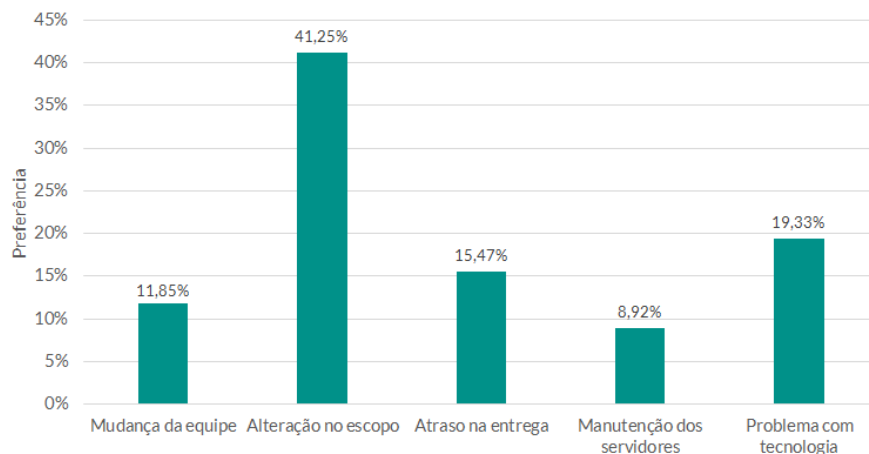


Figura 25 – Médias finais da priorização dos riscos.

de analisar pontos específicos e foi aplicado com os onze indivíduos que participaram do teste realizado. As questões do questionário podem ser vistas na Tabela 14.

Tabela 14 – Questionário de avaliação

Número	Afirmação
1	A decomposição do problema em hierarquia facilita o entendimento
2	Através da iteração e cooperação é possível compreender melhor o problema a ser resolvido
3	O anonimato durante o processo é um ponto positivo
4	Esta abordagem para tomada de decisão pode substituir o processo que você utiliza atualmente
5	Você acredita que a ferramenta poderá auxiliar no processo de gestão do conhecimento por meio de lições aprendidas
6	É fácil visualizar o resultado final
7	A usabilidade do sistema (ícones, navegação, interface, cores, gráficos, etc...) está boa
8	Classifique sua satisfação com a utilização do sistema

A intenção do questionário é focar em aspectos diferenciais que tornam a proposta viável para utilização. A partir deste ponto, as questões serão citadas por seus respectivos números, que podem ser visualizados na Tabela 14.

Após finalizar a sessão com o objetivo de priorizar os riscos, o questionário ficou disponível para que os participantes pudessem respondê-lo. Considerando que o valor mínimo das alternativas era 1 e o valor máximo 5, é possível definir que valores acima de 3, a média, possam ser considerados positivos [41]. Porém preferiu-se adotar o valor 4 como referência, aumentando o grau de rigorosidade. O resultado da avaliação pode ser observado na Figura 26.

Afirmção	Média	(%)
1	4,55	90,91%
2	4,73	94,55%
3	4,55	90,91%
4	4,27	85,45%
5	4,82	96,36%
6	4,00	80,00%
7	4,55	90,91%
8	4,64	92,73%

Figura 26 – Resultado do questionário.

Analisando a Figura 26, é possível observar que todas as avaliações foram acima da média, tendo com o menor valor a Afirmção 6, sobre a facilidade para visualizar o resultado com 80% de aprovação, e com maior valor a Afirmção 5, que cita a capacidade da ferramenta em auxiliar no processo de gestão do conhecimento através de lições aprendidas, com 96%. Todas as afirmações tiveram resultados que podem ser consideradas positivas, pois ficaram com avaliações acima de 4, ou seja, com mais de 80% de aprovação. A Figura 27 apresenta os valores obtidos pela Afirmção 6.

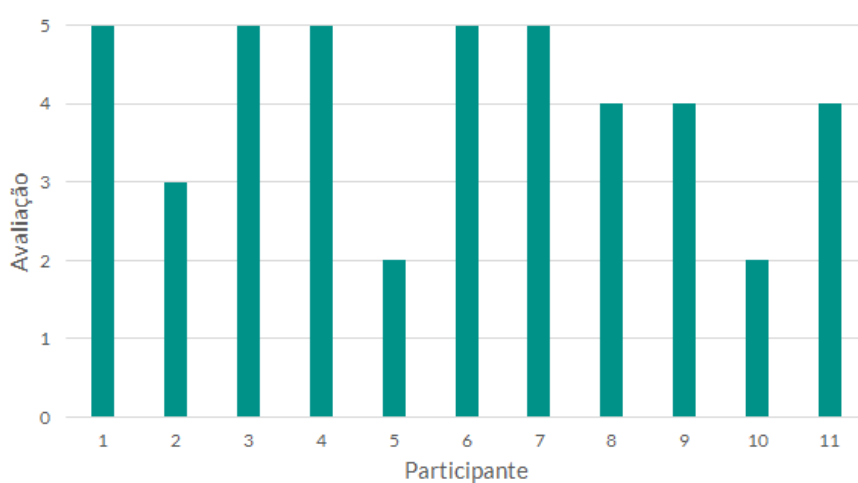


Figura 27 – Valores recebidos para a Afirmção 6.

É possível observar na Figura 27 que alguns dos avaliadores deram nota 3 ou menor, discordando da facilidade para visualizar os resultados. Ao serem questionados sobre quais foram as dificuldades neste aspecto, foram descritos alguns pontos sobre a melhoria na apresentação dos resultados, a saber:

- "Apresentação em diferentes tipos de gráficos";
- "Apresentar os valores obtidos nas ligações da hierarquia do problema";
- "Listar os resultados em ordem de prioridade;"

- "Facilitar o acesso à visualização de decisões anteriores".

Durante a aplicação da abordagem proposta, foi possível concluir que a escolha do AHP como método para realizar os julgamentos foi positiva, pois além de facilitar o entendimento dos decisores através da estruturação do problema em hierarquia, foi possível realizar as comparações pareadas de forma simples. Utilizar técnicas do Delphi para alcançar o consenso entre os participantes também foi avaliado positivamente, pois a Afirmação 2 foi avaliada em 94%.

Ao manter o anonimato, apesar de obter 90% de aprovação, foi possível observar pequenas dificuldades que poderiam ser solucionadas rapidamente através do diálogo entre os participantes. Porém na maioria dos casos, o moderador conseguiu sanar as dúvidas de forma rápida e eficiente. Excluindo esta dificuldade, a característica do anonimato foi bastante elogiada pois os decisores tiveram mais liberdade para expressar suas opiniões.

Ao observar a Figura 261, pode-se observar o quão positivo a abordagem proposta e o sistema desenvolvido foram avaliados. Por meio da Afirmação 8, é possível determinar o nível de satisfação dos participantes, que chegou a 92%.

### 4.3 O Sistema

Durante o desenvolvimento deste estudo, ficou evidente a necessidade de um sistema para auxiliar o processo de tomada de decisão colaborativa. Devido a algumas características, não foi possível encontrar ferramentas prontas que atendessem todas as necessidades. Por isso, optou-se pelo desenvolvimento de um sistema próprio. Como este não estava no objetivo principal do trabalho, decidiu-se por descrevê-lo nesta seção, fazendo parte dos resultados da pesquisa.

O sistema<sup>1</sup> foi desenvolvido visando facilitar seu acesso por meio da internet. Assim, ao surgir a necessidade de participar de uma tomada de decisão, ou consultar resultados anteriores, não será necessário o deslocamento até uma sede específica. Deste modo, além de apoiar o processo, também trará benefícios na contenção de gastos e tempo. Procurou-se também a criação de uma interface simples e intuitiva para facilitar a utilização das funções disponíveis.

A validação da interface pode ser observada na afirmação de usabilidade do sistema, que alcançou uma nota acima de 90% de concordância. Também foi possível notar a simplicidade na utilização pois, após uma simples explicação, os usuários conseguiram utilizar o sistema sem dificuldades.

O sistema proposto tem o objetivo de auxiliar tomadores de decisão a estruturarem, executarem e armazenarem os resultados de suas decisões de maneira colaborativa em um

<sup>1</sup> <<http://gaia3.uel.br:8080/ahpx-admin-webapp/>> Acessado em: 05/04/2016



ambiente distribuído. O processo principal objetiva estruturar a decisão de forma que seja passível de auditoria, possa ser publicada e recuperada para servir de subsídios às decisões futuras. Estes objetivos estão de acordo com as diretrizes do CMMI, MPS.BR e ISO 12207, assim como a proposta do trabalho. A Figura 28 apresenta o digrama do processo para o objetivo principal do sistema.

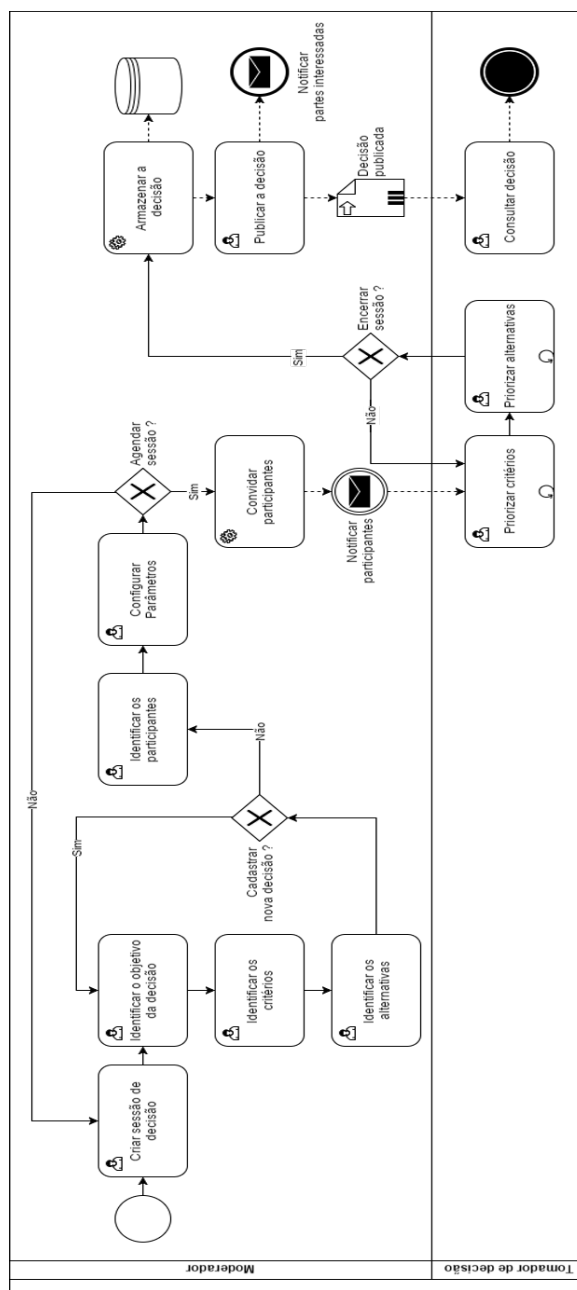


Figura 28 – Diagrama do processo principal do sistema

Como pode ser visto na Figura 28, dois tipos de usuários são necessários para executar o processo principal. No início, a função do moderador é criar a sessão, estruturar as decisões e identificar os participantes, e no final, decidir quando é necessário encerrar a sessão e publicá-la. Já o tomador de decisão tem como função informar sua preferência em relação aos critérios e alternativas. Após todos os participantes submeterem suas decisões,

ao menos uma vez, um resultado parcial é apresentado e esta atividade é repetida até o moderador definir que o consenso foi alcançado.

#### 4.3.1 Criando a sessão

Primeiramente, é necessário que o moderador crie uma sessão que contenha o problema a ser resolvido. Neste momento devem ser informados os usuários que participarão da tomada de decisão, o objetivo a ser alcançado, os critérios relevantes para o problema e as alternativas para solução. A Figura 29 apresenta a tela para cadastrar a decisão, já a Figura 30 a tela para adicionar critérios.

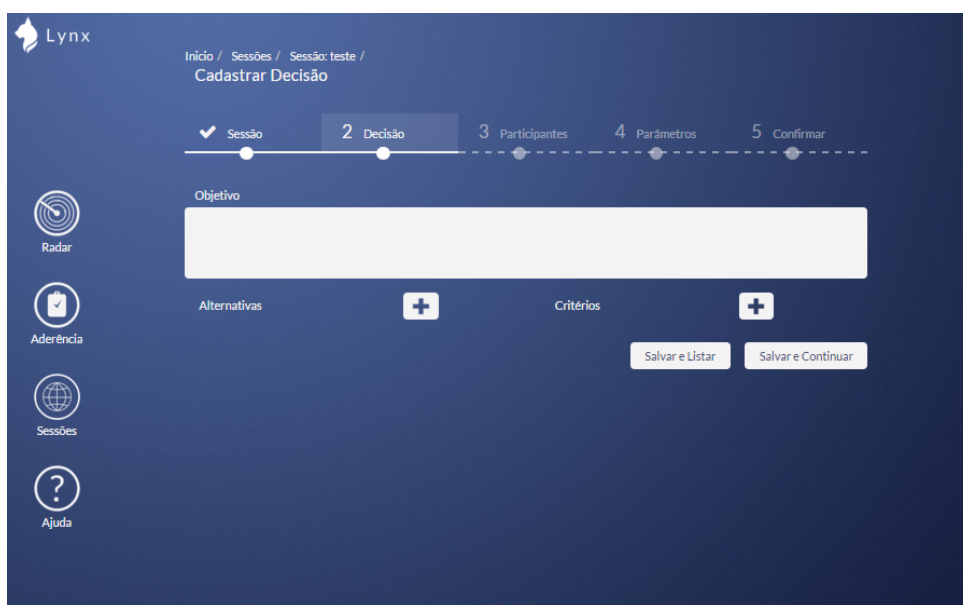


Figura 29 – Tela de cadastro de decisão.

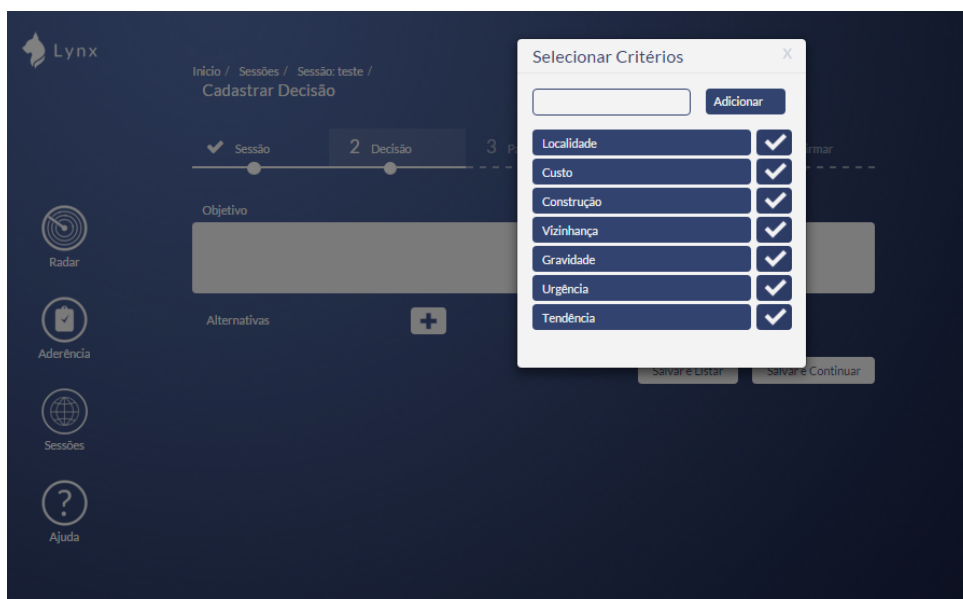


Figura 30 – Tela para adicionar critérios à decisão.

Criar a sessão refere-se à Fase 1 da abordagem proposta, que consiste em estruturar o problema e gerar as matrizes de comparações. Após efetuar o cadastro é possível acessar a sessão para iniciar os julgamentos. A tela inicial, que apresenta o problema estruturado em hierarquia, pode ser visualizada na Figura 31.

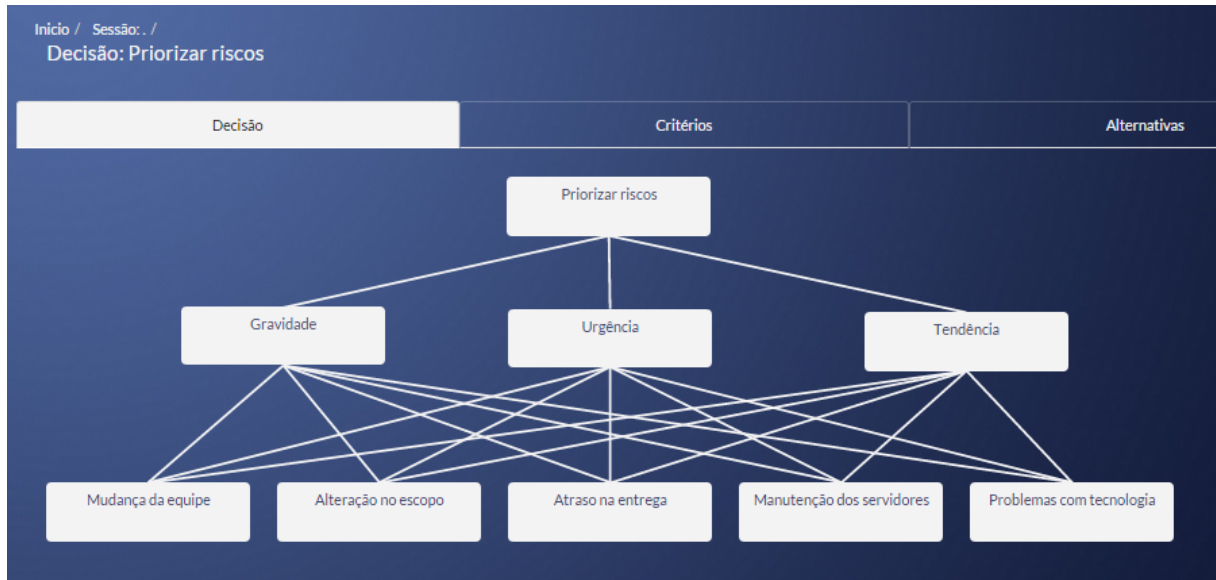


Figura 31 – Tela inicial da sessão mostrando a estrutura.

#### 4.3.2 Realizando os julgamentos

A partir dos critérios e alternativas cadastradas na decisão, e utilizando a escala fundamental de Saaty (Tabela 2), o tomador de decisão deve expor suas preferências através das comparações pareadas. As telas usadas para realizar as comparações dos critérios e das alternativas são mostradas nas Figuras 32 e 33, respectivamente.

A imagem mostra a interface para comparar critérios. No topo, há uma barra de navegação com o texto 'Início / Sessão: / Decisão: Priorizar riscos / Comparar Critérios'. Abaixo, há três seções de comparação:

- Gravidade vs Urgência:** 9 7 5 3 1 3 5 7 9
- Gravidade vs Tendência:** 9 7 5 3 1 3 5 7 9
- Urgência vs Tendência:** 9 7 5 3 1 3 5 7 9

Em cada seção, o valor 1 está destacado em amarelo. No rodapé, há uma barra de progresso com o texto '100.0%' e um botão 'Salvar'.

Figura 32 – Tela para comparar critérios.

The interface displays a comparison matrix for 10 pairs of criteria. The criteria are: Mudança da equipe, Alteração no escopo, Atraso na entrega, and Manutenção dos servidores. The comparison is based on three criteria: Gravidade, Urgência, and Tendência. The interface shows a progress bar at 100.0% and a 'Salvar' button.

Figura 33 – Tela para comparar alternativas.

Ao realizar a comparação entre os critérios, deve-se considerar o impacto deles sobre o objetivo. Nas comparações das alternativas, é necessário ponderá-las em relação ao desempenho sobre cada critério, como é possível ver na Figura 33, o critério relevante no momento será destacado na lista à esquerda.

Este processo de avaliação pode ser repetido diversas vezes, até que o consenso entre os participantes seja alcançado. Para cada submissão, a média, a mediana, o maior e o menor peso dos julgamentos de todos os decisores são mostrados, assim o decisor pode rever seus julgamentos para tentar se aproximar dos outros participantes. A Figura 34 apresenta a tela com os resultados parciais.

#### 4.3.3 Encerrando a sessão

Ao final de cada conjunto de comparações, critérios ou alternativas, o sistema ficará encarregado de verificar a consistência dos julgamentos do decisor. Em casos onde a taxa de consistência fique acima do máximo permitido, será solicitada uma nova iteração para repetir as comparações. Caso a taxa fique abaixo, a matriz será considerada válida e os cálculos das Fases 3 e 4 serão realizadas automaticamente.

O moderador acompanhará as atualizações dos resultados através de uma interface



Figura 34 – Tela do resultado parcial.

própria, que será atualizada toda vez que um novo resultado for gerado. Nesta tela, também ficará disponível uma lista dos participantes e as situações. A situação será um marcador que registrará se os usuários já realizaram, ao menos uma vez, todas as comparações entre critérios e alternativas. A interface do moderador é apresentada na Figura 35.



Figura 35 – Tela de controle do moderador.

Quando todos decisores estiverem com a situação positiva, o moderador deverá analisar os resultados para verificar se o consenso foi alcançado. Se o consenso for confirmado, a sessão poderá ser encerrada e todos usuários serão notificados do resultado. Se não for alcançando, serão enviadas solicitações para que os participantes revejam suas decisões. Não será necessário que todos o façam, apenas os que estiverem com valores distantes dos outros.

#### 4.3.4 Adicionando lições aprendidas

Durante o processo de tomada de decisão, o moderador poderá identificar fatos que geram lições aprendidas. Estes fatos devem ser relevantes para a organização, ou seja, tem que ser uma experiência que contribua para decisões futuras. Para armazenar as lições, tornando possível a identificação e busca, alguns dados são importantes.

Para cadastrar uma lição aprendida, é necessário informar um nome e uma descrição, contendo relatos sobre o que era esperado e o que aconteceu, informando os fatos e desvios ocorridos durante o processo. Também é necessário informar em qual fase do processo ocorreu; em qual decisão; uma descrição da decisão, o impacto da lição no processo; qual a influência, positiva ou negativa; e, caso seja necessário, anexar documentos. Estas informações serão necessárias para armazenar, disseminar e buscar. A Figura 36 mostra a tela para cadastrar uma lição aprendida.

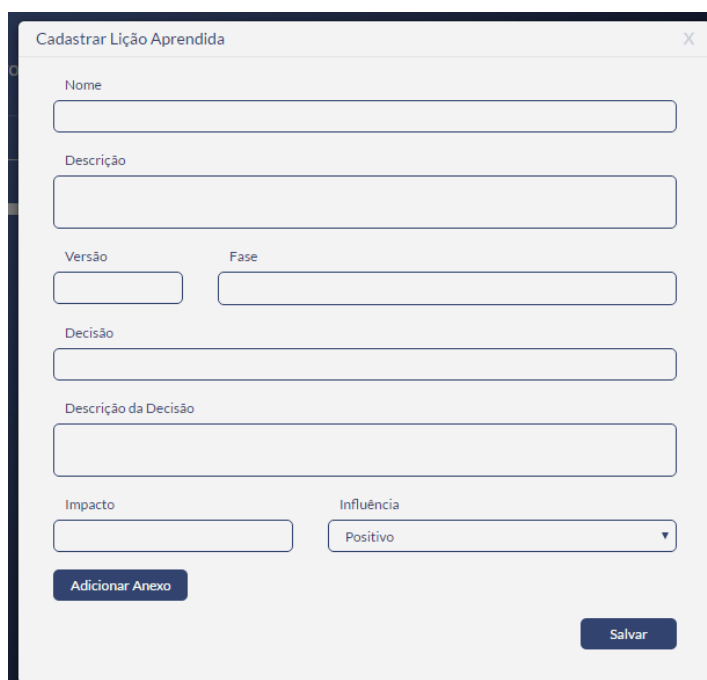
A imagem mostra uma interface web para o cadastro de uma lição aprendida. O formulário é intitulado "Cadastrar Lição Aprendida" e contém os seguintes campos: "Nome" (campo de texto único), "Descrição" (campo de texto longo), "Versão" (campo de texto único), "Fase" (campo de texto único), "Decisão" (campo de texto único), "Descrição da Decisão" (campo de texto longo), "Impacto" (campo de texto único), "Influência" (menu suspenso com a opção "Positivo" selecionada) e um botão "Adicionar Anexo". No canto inferior direito, há um botão "Salvar".

Figura 36 – Tela para cadastro de lição aprendida.

O sistema desenvolvido auxiliou durante as cinco fases do GAIA Decisões. Ele facilitou a maior parte do trabalho do moderador, além de simplificar para os decisores exporem seus julgamentos nas comparações. O sistema foi utilizado durante todo o estudo

de caso, e todos os objetivos de sua implementação foram alcançados. Conclui-se que o desenvolvimento foi bem-sucedido e recomenda-se a utilização do sistema junto com a aplicação da abordagem proposta.





## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou uma abordagem para solução de problemas complexos através do processo de tomada de decisão colaborativa, utilizando como base o método AHP visando auxiliar e justificar a solução escolhida. Também foram utilizadas técnicas do Delphi com o intuito de buscar o consenso entre os participantes.

As vantagens da utilização do AHP são: a forma de estrutura a decisão em hierarquia, o que facilita o entendimento do problema; as comparações pareadas, que quebram o problema principal em outros menores e de menor importância; a utilização de escala própria, que permite a comparação mesmo para critérios qualitativos; a possibilidade de verificar a consistência entre os julgamentos; e a capacidade de qualificar e quantificar a decisão por meio de ferramenta matemática [6].

Os pontos positivos do método Delphi são: o anonimato, a interação com a realimentação e as respostas estatísticas do grupo [1]. O anonimato em trabalhos colaborativos interfere positivamente para o resultado, pois evita pressões externas ou internas que poderiam acontecer numa confrontação [42]. A característica de realimentação auxilia no foco do problema, uma vez que o moderador pode filtrar os dados relevantes para a situação e as respostas estatísticas contribuem para a reavaliação das decisões.

A gestão do conhecimento busca pontos onde o conhecimento possa trazer vantagens competitivas para a organização. A lição aprendida é uma das formas de gerar conhecimentos por meio de relatos sobre experiências, podendo ser positivas ou negativas. Capturar as experiências, disseminar o conhecimento e armazenar as lições aprendidas agregam valor para a organização de forma a evitar erros anteriores e repetir acertos.

Embora as utilizações destas técnicas possam servir para diversos tipos de problemas em diversas áreas, este trabalho limitou-se apenas aos problemas complexos na área de governança de TI, mais especificamente no processo de desenvolvimento de software, pois o objetivo principal foi propor uma abordagem que atendesse as diretrizes do processo de gestão de decisões do CMMI, MPS.BR e ISO/IEC 12207:2008.

Um estudo de caso foi aplicado para validar a abordagem proposta, diversos especialistas participaram de um processo para a tomada de decisão colaborativa com o objetivo de priorizar uma lista de riscos em relação a um projeto. Durante a execução, foi possível verificar a ocorrência dos pontos positivos descritos anteriormente.

Por meio das comparações pareadas, foi possível explicitar as preferências facilmente e devido ao anonimato, todos os participantes responderam considerando apenas suas preferências, por isso, ao final da primeira iteração, foi possível observar a divergência entre os mesmos.

Utilizando a realimentação das informações durante as iterações, ficou claro a melhora nos resultados, deixando evidente que a utilização de técnicas do Delphi podem auxiliar na busca do consenso, mas também foi possível concluir que a subjetividade e a quantidade de participantes podem dificultar a concordância das opiniões.

O resultado do estudo de caso pode ser considerado positivo, pois foi possível obter uma resposta satisfatória para o problema apresentado. Desta forma, fica evidente que a abordagem proposta pode ser utilizada para a solução de problemas complexos, por meio da tomada de decisão colaborativa.

Para avaliar a aceitação dos participantes em relação a proposta e evidenciar sua utilidade, foi desenvolvido um questionário com oito afirmações sobre diferenciais da abordagem apresentada. Ele foi aplicado a todos os participantes e, a partir do resultado obtido, ficou visível a viabilidade do Gaia Decisões. Todas as afirmações tiveram a concordância acima de 80%, apenas uma das alternativas obteve nota três ou menor, referindo-se à facilidade em visualizar o resultado obtido.

O motivo identificado para a discordância deve-se ao fato de como o resultado foi apresentado no sistema desenvolvido. Esta apresentação continha informações desnecessárias, que poderia confundir os usuários. Esta informação foi obtida por meio de questionamentos realizados com os participantes, também foram coletadas opções para melhorias da apresentação dos resultados, entre elas estão: informações objetivas, outros tipos de gráficos, ordenação por ordem de prioridade e apresentação dos valores diretamente na hierarquia do problema. Estes dados podem servir de subsídio para trabalhos futuros.

O trabalho apresentado também conta com a capacidade de gerenciar lições aprendidas, baseando-se nos serviços descritos no modelo Gaia L.A. Todos os serviços são implementados, demonstrando o grau máximo de maturidade na gestão de lições aprendidas. Estas lições são essenciais para auxiliarem em decisões futuras, e devem ser geradas e mantidas como conhecimento da organização.

Outra contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema que visa apoiar o processo de tomada de decisão colaborativa. Este sistema abrange as cinco fases que compõem a proposta do Gaia Decisões. A utilização deste sistema é fortemente recomendável pois elimina a necessidade de realizar os cálculos para obtenção dos resultados e possíveis erros decorrentes destes cálculos; permite a utilização dos participantes mesmo em locais diferentes; e reforça o anonimato na equipe. Outra característica importante está relacionada com as lições aprendidas, pois o sistema armazena, dissemina e permite consultas quando necessário.

Com a utilização do Gaia Decisões, as decisões tomadas serão justificadas por meio de um modelo matemático sem perder a característica da subjetividade. Espera-se com

isso que as escolhas realizadas tragam mais benefícios para as organizações. O processo de tomada de decisão está presente em modelos que buscam a melhoria dos processos internos da TI de forma que entregue resultados para auxiliar na governança de TI.

Os resultados que serão entregues para a GTI podem ser tanto o alinhamento dos serviços realizados na TI com o planejamento estratégico organizacional, quanto informações geradas durante os processos. Estas informações podem ser os resultados e as lições aprendidas, obtidas durante os processos. A partir destes produtos entregues, será possível definir novos projetos para a melhoria da TI, assim aumentando sua capacidade para atender as demandas de crescimento da organização.

Para trabalhos futuros, pretende-se utilizar outros modelos para alcançar o consenso entre os participantes nos casos onde a discrepância das opiniões dos decisores sejam muito elevadas. Também poderão ser ampliadas as áreas de aplicação por meio de novos estudos de caso, além de aplicar a avaliação em uma escala maior, procurando obter a opinião de mais pessoas. Outra possibilidade é a utilização do processo com um número maior de participantes, separando-os em grupos menores e no final utilizar um método para agregar os resultados, obtendo um valor que represente a todos os grupos.



## REFERÊNCIAS

- [1] GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. o. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 5ª edição. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014. ISBN 8522431132.
- [2] HOWARD, R. The Foundations of Decision Analysis. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, IEEE, v. 4, n. 3, p. 211–219, set. 1968. ISSN 0536-1567.
- [3] SAATY, T. L. The Modern Science of Multicriteria Decision Making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach. *Operations Research*, INFORMS, set. 2013.
- [4] TRIANTAPHYLLOU, E. *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Boston, MA: Springer US, 2000. 5–21 p. (Applied Optimization, v. 44). ISBN 978-1-4419-4838-0.
- [5] SOBRAPO. *Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional*. Disponível em: [<http://www.sobrapo.org.br/>](http://www.sobrapo.org.br/).
- [6] SAATY, T. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill Internacional, 1980.
- [7] MUKHERJEE, K. Analytic hierarchy process and technique for order preference by similarity to ideal solution: a bibliometric analysis 'from' past, present and future of AHP and TOPSIS. *International Journal of Intelligent Engineering Informatics*, Inderscience Publishers, v. 2, n. 2/3, p. 96, dez. 2014. ISSN 1758-8715.
- [8] STANDARDIZATION, I. O. F. *System and software engineering - Software life cycle processes - ISO/IEC 12207:2008*. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2008.
- [9] INSTITUTE, S. E. *CMMI-DEV v1.3*. [S.l.]: SEI, 2010.
- [10] SOFTEX. *Melhoria de Processo do Software Brasileiro*. [S.l.]: SOFTEX, 2012.
- [11] MICHALEWICZ, Z.; FOGEL, D. B. *How to Solve It: Modern Heuristics*. 2.ed.. ed. [S.l.]: Springer, 2004.
- [12] SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p. 9–26, set. 1990. ISSN 03772217.
- [13] CLEMEN, R. T. *Making Hard Decision: An Introduction to Decision Analysis*. 2.ed.. ed. [S.l.]: Belmont: Duxbury Press, 1995.
- [14] HAMMOND, J.S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisões inteligentes: somos movidos a decisões – como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- [15] SAATY, T. L.; ÖZDEMİR, M. S. How Many Judges Should There Be in a Group ? *Annals of Data Science*, v. 1, n. 3-4, p. 359–368, jan. 2015. ISSN 2198-5804.

- [16] BAI, J.; FENG, J.-w.; MIAO, C.-l. *INTUITIVE DECISION THEORY ANALYSIS AND THE EVALUATION MODEL*. 2010, 63–67 p.
- [17] MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, American Psychological Association, v. 63, n. 2, p. 81, 1956.
- [18] SAATY, T. L. *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making With Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. Pittsburgh: RWS Publications, 2005. ISBN 188860316X.
- [19] DALKEY, N. An experimental study of group opinion: The Delphi method. *Futures*, v. 1, n. 5, p. 408–426, set. 1969. ISSN 00163287. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001632876980025X>.
- [20] LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. *The Delphi method: techniques and applications*. [s.n.], 1975. ISBN 0201042940. Disponível em: [https://books.google.com.br/books/about/The\\_Delphi\\_method.html?id=52xHAAAAMAAJ&pgis=1](https://books.google.com.br/books/about/The_Delphi_method.html?id=52xHAAAAMAAJ&pgis=1).
- [21] PILL, J. The Delphi method: Substance, context, a critique and an annotated bibliography. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 5, n. 1, p. 57–71, fev. 1971. ISSN 00380121. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038012171900413>.
- [22] GÓES, A. d. S.; HISATOMI, M. I.; BARROS, R. M. de. A maturity model for lesson learned — GAIA L.A.: A case study aiming to increase the quality of knowledge management in software development. In: *2013 XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI)*. IEEE, 2013. p. 1–11. ISBN 978-1-4799-1340-4. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6670597>.
- [23] GÓES, A. d. S.; BARROS, R. Gerenciamento do conhecimento em uma fábrica de software: um estudo de caso aplicando a ferramenta GAIA-LA. In: *XXXVIII Conferencia Latinoamerica en Informática, Medellín, Colômbia*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–9.
- [24] SBGC. *Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento*. 2010.
- [25] MESQUITA, B. O. *GAIA Estimativa: Um Framework para Gerência e Avaliação das Práticas de Estimativas de Software*. 111 p. Tese (Dissertação) — Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- [26] GAFFO, F. H. *GAIA riscos: framework para o gerenciamento de riscos no processo de desenvolvimento de software*. 115 p. Tese (Dissertação) — Universidade Estadual de Londrina, 2013.
- [27] GÓES, A. d. S. *GAIA Lições Aprendidas: Um Framework para Gerência de Lições Aprendidas no Processo de Desenvolvimento de Software*. 84 p. Tese (Dissertação) — Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- [28] HORITA, F. E. A. *GAIA recursos humanos: um framework para gerência de recursos humanos no desenvolvimento de software*. 95 p. Tese (Dissertação) — Universidade Estadual de Londrina, 2013.

- [29] SAATY, T. L.; PENIWATI, K. *Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences*. [S.l.: s.n.], 2013. ISBN 1888603224.
- [30] BRYSON, N. Group decision-making and the analytic hierarchy process: Exploring the consensus-relevant information content. *Computers & Operations Research*, v. 23, n. 1, p. 27–35, jan. 1996. ISSN 03050548. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030505489600002H>.
- [31] KIM, M.; JANG, Y.-C.; LEE, S. Application of Delphi-AHP methods to select the priorities of WEEE for recycling in a waste management decision-making tool. *Journal of environmental management*, v. 128, p. 941–8, out. 2013. ISSN 1095-8630. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713004581>.
- [32] LAI, V. S.; WONG, B. K.; CHEUNG, W. Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, v. 137, n. 1, p. 134–144, fev. 2002. ISSN 03772217. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221701000844>.
- [33] NEFESLIOGLU, H. et al. A modified analytical hierarchy process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments. *Computers & Geosciences*, v. 59, p. 1–8, set. 2013. ISSN 00983004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300413001520>.
- [34] SCALA, N. M. et al. Group Decision Making with Dispersion in the Analytic Hierarchy Process. *Group Decision and Negotiation*, v. 25, n. 2, p. 355–372, jun. 2015. ISSN 0926-2644. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10726-015-9445-7>.
- [35] SMITS, D.; HILLEGERSBERG, J. van. IT Governance Maturity: Developing a Maturity Model Using the Delphi Method. In: *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE, 2015. p. 4534–4543. ISBN 978-1-4799-7367-5. ISSN 1530-1605. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/articleDetails.jsp?arnumber=7070361>.
- [36] SRDJEVIC, B. Linking analytic hierarchy process and social choice methods to support group decision-making in water management. *Decision Support Systems*, v. 42, n. 4, p. 2261–2273, jan. 2007. ISSN 01679236. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923606001163>.
- [37] SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*, v. 138, n. 2, p. 215–241, ago. 2012. ISSN 09255273. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312001442>.
- [38] ISACA. *Control Objectives for Information and Related Technology 5 Edition*. [S.l.]: ISACA, 2012.
- [39] RAJESH, G.; MALLIGA, P. Supplier Selection based on AHP QFD Methodology. *Procedia Engineering*, v. 64, p. 1283–1292, 2013. ISSN 18777058. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813017232>.

- [40] LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932.
- [41] RAUTENBERG, S.; STEIL, A. V.; TODESCO, J. L. *Modelo de conhecimento para mapeamento de instrumentos da gestão do conhecimento e de agentes computacionais da engenharia do conhecimento*. 2011, 26–46 p.
- [42] NUNAMAKER, J. et al. Meeting Systems To Support Group. *Communications of the ACM*, v. 34, 1991.



## TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR

1. GOMEDE, E. ; SILVA, R. T. ; BARROS, RODOLFO MIRANDA DE . **Relato de Experiência Sobre a Implantação de um Processo de Entrega Contínua em uma Organização da Indústria Financeira.** In: Congresso Ibero-americano em Engenharia de Software, 2015, Lima. XVIII Congresso Ibero-americano em Engenharia de Software, 2015., (B4)
2. GOMEDE, E.; SILVA, R. T. ; BARROS, RODOLFO MIRANDA DE . **A Practical Approach to Software Continuous Delivery Focused on Application Lifecycle Management.** In: The 25th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, 2015, Pittsburgh. The 25th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, 2015., (B1)