

# Integrando Métodos de Tomada de Decisão no Processo de Elicitação de Requisitos

## Alternative Title: Integrating Decision Making Methods on Requirimentos Elicitation Process

Maria Alcimar Costa Meireles  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia  
Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863 - São Jorge  
69103-128 Itacoatiara - Amazonas - Brasil  
maria\_meireles79@hotmail.com

Jorge Yoshio Kanda  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia  
Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863 - São Jorge  
69103-128 Itacoatiara - Amazonas - Brasil  
jkanda@ufam.edu.br

Bruno Araújo Bonifácio  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia  
brunnoboni@gmail.com

Jonatan da Silva Leão  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia  
jonatansilvaleao@gmail.com

### RESUMO

A identificação dos requisitos de um sistema computacional, que satisfaçam as necessidades dos usuários, se tornou ao longo dos anos um dos fatores fundamentais para o sucesso desse tipo de sistema. É importante garantir que os requisitos sejam identificados corretamente com o mínimo de esforço em seu processo de elicitação. Para isso, nós propomos o uso de métodos que favoreçam a escolha das técnicas mais adequadas para elicitação de requisitos a fim de minimizar os casos em que os requisitos sejam definidos incorretamente. Este artigo apresenta uma abordagem que usa uma matriz de decisão constituída por valores que representam a importância das técnicas com base em critérios previamente conhecidos. A matriz é submetida aos métodos de tomada de decisão Electre II e AHP Referenciado que geram as alternativas mais promissoras. Em nossos estudos, os procedimentos relativos a esses métodos foram automatizados em um aplicativo chamado ATD (Assistente à Tomada de Decisão), que nós estamos desenvolvendo para dispositivos móveis. Um conjunto de dados gerados a partir da literatura e de informações fornecidas por profissionais da área de desenvolvimento de sistemas foi submetido ao ATD. Os resultados obtidos são promissores e podem auxiliar os profissionais dessa área em suas atividades no processo de escolha da técnica de elicitação mais apropriada ao problema a ser resolvido por um sistema computacional.

### Palavras-Chave

Elicitação de requisitos, Electre II e AHP Referenciado.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2016, May 17–20, 2016, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil.

Copyright SBC 2016.

### ABSTRACT

The identification of requirements of a computer system, which satisfy the needs of users, has become a key factor for the success of this system over the years. It is important to ensure that the requirements are correctly identified with minimal effort in its elicitation process. For this, we propose the use of methods that favor the choice of the most appropriate techniques for elicitation of requirements in order to minimize the cases in which the requirements are incorrectly indicated. This paper presents an approach that uses a decision matrix composed of values, which represent the importance of the techniques based on a set of criteria previously known. The matrix is submitted to the decision-making methods Electre II and AHP Referenced that generate the most promising alternatives. In our studies, the procedures for calculating these methods have been automated in the software named ATD (Assistant Decision Making), which we are developing for mobile devices. A set of data generated from the literature and information provided by professionals of the area of information systems development was submitted to ATD. The results obtained are promising and can help professionals from mentioned area in their activities of selection process of the most appropriate elicitation techniques to be applied to the problem whose solution will be solved by a computer system.

### Categories and Subject Descriptors

H.4.2 [Information Systems Applications]: Types of Systems – decision support (e.g., MIS).

### General Terms

Measurement, Documentation, Theory.

### Keywords

Elicitation of requirements, Electre II e AHP Referenced.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o avanço tecnológico tem impulsionado o surgimento de uma grande quantidade de sistemas computacionais. O sucesso desses sistemas ocorre se os mesmos satisfazem às necessidades dos usuários. Para isso é importante a identificação correta dos requisitos durante o desenvolvimento desses sistemas. Para desenvolvê-los de maneira racional, com o máximo de qualidade possível e dentro do prazo desejado, deve ser dada atenção aos processos da Engenharia de Software [1].

Uma grande quantidade de projetos de software é cancelada ou fracassa por não atenderem completamente as necessidades dos clientes e usuários, podendo atrasar o desenvolvimento e elevar o orçamento estimado [2]. Não há uma explicação simples para este fenômeno, porém existem trabalhos apontando a direção de que uma das principais causas desses fracassos está na falha de identificação dos requisitos dos sistemas [3]. Para minimizar essa falha, o processo de identificação deve ser realizado por meio da atividade conhecida como elicitação de requisitos.

A elicitação de requisitos é considerada como a parte mais crítica no desenvolvimento de software, visto que a qualidade do produto final depende fortemente da corretude dos requisitos elicitados [4]. Segundo Fernandes, Machado e Seidman [5], pesquisas apontam que 85% dos problemas de software têm origem na atividade de elicitação de requisitos. Eles sugerem que, para evitar fracassos em projetos de desenvolvimento de software, é fundamental que hajam profissionais treinados no processo de Engenharia de Requisitos (ER) e que eles sejam capazes de realizar a elicitação de requisitos com qualidade. Freitas, Borges e Araújo [6] mencionam que elicitar requisitos requer a aplicação de técnicas de elicitação em um processo interativo e colaborativo entre analistas e usuários.

Pode-se afirmar que as técnicas de elicitação surgiram para auxiliar os analistas na identificação dos requisitos junto aos usuários. Para obter esse efeito, uma técnica de elicitação deve explorar as características específicas do problema do usuário que deseja resolvê-lo por meio de um sistema computacional [7].

Diante desse contexto, a ideia principal do trabalho apresentado neste artigo consiste em recomendar, por meio de dois métodos de tomada de decisão multicritérios, as melhores técnicas de elicitação de requisitos para o desenvolvimento de sistemas computacionais. A abordagem proposta utiliza o método Electre II e o método Processo de Análise Hierárquica (AHP) Referenciado.

O método Electre II analisa as possíveis alternativas fornecidas pelo decisor e mostra um *ranking* das melhores alternativas desde que não ultrapassem um determinado nível de desconforto ou descontentamento para o decisor. O método AHP gera todos os pares possíveis de alternativas, de modo que, em cada par, as alternativas são comparadas entre si a partir dos elementos que mais satisfazem aos critérios fornecidos pelo decisor [8].

Em nossa pesquisa, foi gerado um conjunto de dados sobre técnicas de elicitação a partir de informações obtidas na literatura e por profissionais de desenvolvimento de sistemas de informação. Esse conjunto de dados foi submetido ao aplicativo ATD (Assistente à Tomada de Decisão) desenvolvido para dispositivos móveis a fim de auxiliar o usuário no processo dos cálculos subjacentes aos métodos escolhidos. Ressalta-se que todo direcionamento oferecido por um processo de desenvolvimento deve apoiar a tomada de decisão do gestor de projeto e sua equipe [9].

A principal contribuição do nosso trabalho é auxiliar os analistas de sistemas e engenheiros de software a escolher a técnica que melhor se adapta ao seu problema de elicitação. Desse modo espera-se diminuir os problemas relacionados à fase de análise de requisitos para que os softwares a serem produzidos possam atender à necessidade dos clientes de maneira mais satisfatória.

O restante deste artigo está organizado conforme segue: a seção 2 apresenta conceitos básicos sobre Elicitação de requisitos. Os métodos Electre II e AHP Referenciado estão descritos com mais detalhes na seção 3. A seção 4 apresenta o aplicativo ATD com a descrição de suas características e funcionalidades. Na seção 5 são relatados os experimentos e analisados os principais resultados obtidos em nossa pesquisa. Finalmente, as considerações finais sobre este trabalho estão dispostas na seção 6.

## 2. ELICITAÇÃO DE REQUISITOS

A elicitação de requisitos é de extrema importância no processo de desenvolvimento de software, e se não for feita de forma adequada poderá comprometer as demais fases do processo, inviabilizando o projeto como um todo [10].

De acordo com Bronze *et al.* [11], a elicitação de requisitos sempre foi reconhecida como uma área crítica nos projetos de desenvolvimento, pois é nessa fase que os requisitos devem ser corretamente identificados e um erro proveniente nessa etapa pode gerar retrabalho nas demais etapas do processo de desenvolvimento. Para proceder com essa identificação é necessário escolher a técnica de elicitação mais apropriada conforme o contexto do cliente e usuários a fim de evitar problemas futuros com a insatisfação dos mesmos.

### 2.1 Técnicas de Elicitação

Existem várias técnicas de elicitação de requisitos que podem ser encontradas na literatura, mas cada uma possui características específicas e contextos mais adequados para serem aplicadas [12]. Embora haja evidências de que a entrevista não é a melhor técnica para se extrair os requisitos, ela é a mais utilizada na prática [13].

Em nosso estudo as técnicas consideradas como alternativas ao analista de sistemas são: questionário, entrevista, JAD, prototipação e *brainstorming*. A escolha dessas técnicas decorre pelo fato de estarem entre as mais conhecidas na literatura [7, 14, 15]. Os detalhes sobre cada técnica estão descritos a seguir:

- **Questionário**

É uma técnica bastante utilizada para coletar informações de muitos usuários ao mesmo tempo [16]. Cada usuário responde o questionário individualmente e depois os requisitos são identificados por meio de análise das respostas fornecidas [17].

Segundo Silva [18], o questionário é um instrumento que permite estabelecer a elicitação de requisitos por meio do conteúdo e estrutura de informações contidas de forma descrita. A captura dessas informações é importante porque nem todas são de conhecimento da organização (cliente). Muitas dessas informações ficam restritas às atitudes, crenças e comportamentos de cada indivíduo da organização [19]. Os questionários são um meio eficiente para coletar informações de várias partes interessadas. Contudo, eles são limitados porque não consideram a profundidade do conhecimento levantado, uma vez que não permitem que um tópico seja aprofundado ou as ideias sejam expandidas [15].

- **Entrevista**

A entrevista é provavelmente a técnica mais utilizada no levantamento de requisitos [15]. Trata-se de uma conversa direcionada com um propósito específico, para o qual se utiliza um formato de “pergunta-resposta” [19].

As entrevistas podem ser fechadas, nas quais o interessado responde a um conjunto de perguntas previamente elaboradas; ou abertas, para as quais não existe um roteiro predefinido. Neste último tipo, o analista explora vários assuntos com o interessado a fim de compreender as suas necessidades. Geralmente, as entrevistas são uma combinação dos dois tipos, dado que as discussões completamente abertas dificilmente funcionam bem, por isso algumas perguntas podem ser elaboradas como ponto de partida para conduzir a outros questionamentos discutidos de maneira menos estruturada [14].

Em uma entrevista, os usuários finais tendem a descrever os seus trabalhos e dificuldades que enfrentam de forma relativamente natural, gerando expectativas não realistas sobre o suporte a ser provido pelo computador. Por essa razão, essa técnica não é tão efetiva para obter o entendimento do domínio da aplicação e das questões organizacionais que afetam os requisitos [7].

- **Joint Application Development (JAD)**

Essa técnica é aplicada em uma reunião na qual devem estar presentes diferentes interessados na investigação. Discute-se os problemas a serem resolvidos e as soluções disponíveis. Em uma reunião JAD, as metas do sistema já estão definidas e o foco recai sobre as necessidades de negócios do cliente e usuários, não sendo levados em considerações os detalhes técnicos [15].

As principais vantagens da técnica JAD são: i) maior comprometimento dos usuários com os requisitos, já que eles têm o poder de decisão sobre tais requisitos; ii) maior rapidez na especificação dos requisitos; iii) requisitos de valor questionável são eliminados; iv) redução das diferenças de interpretação dos requisitos entre usuários e desenvolvedores; v) geração de um primeiro esboço das interfaces de usuário; e vi) identificação mais rápida dos problemas políticos que possam surgir [20]. Em relação às suas desvantagens têm-se: i) os participantes devem dispor de tempo para as reuniões; ii) reunião pode não ter sucesso se não for preparada adequadamente; iii) relatório incompleto de uma reunião pode comprometer a próxima; e iv) a cultura organizacional pode não ser compatível com a aproximação JAD [21].

- **Prototipação**

Essa técnica consiste na implementação de uma parte do sistema para que o usuário possa dar um retorno útil ao processo de requisitos. A implementação é feita a partir de uma especificação preliminar com o objetivo de simular a aparência e a funcionalidade do software mesmo que de forma incompleta. Após utilizar o protótipo desenvolvido, pode-se gerar aprovação, interação, avaliação e alterações nas características de usabilidade e de funcionalidade do software proposto na especificação [21].

Com a prototipação os requisitos tornam mais claros e as lacunas de entendimento são reduzidas. Ao interagir com o protótipo, o usuário é estimulado a pensar, entender e discutir sobre os requisitos [22]. É uma técnica muito útil quando os usuários não tem familiaridade com as soluções disponíveis, uma vez que eles conseguem ver como o sistema ajudará o seu trabalho [15, 23].

Essa técnica terá uma eficácia maior se a construção do protótipo for rápida e ficar evidente para os usuários que o protótipo não é o sistema real, mas apenas um reflexo daquilo que se espera [24]. Outros aspectos positivos dessa técnica são: redução dos riscos a construção do sistema, aumento da manutenibilidade e estabilidade dos requisitos, e oportunidade para treinar programadores menos experientes [20]. Por outro lado, o protótipo não dispõe dos mesmos recursos desejados para o sistema idealizado [23].

- **Brainstorming**

É um tipo de técnica em que representantes com interesses diferentes se reúnem para apresentar informalmente tantas ideias quanto possíveis sobre a missão e os requisitos do sistema, sem focar a atenção em nenhuma delas. O diferencial dessa técnica é a promoção da livre expressão, e isso favorece a descoberta de soluções inovadoras para os problemas existentes [15].

As ideias devem ser ditas em voz alta com o intuito de influenciar as pessoas presentes. Em seguida o processo de seleção das ideias é reiniciado, podendo ser alteradas ou mescladas [25]. O resultado do *brainstorming* é melhor se cada participante contribuir com conhecimentos específicos sobre algum aspecto do problema.

## 2.2 Critérios

Nesta pesquisa, os critérios considerados no processo de seleção das técnicas de elicitação foram extraídos de [17]:

- **Qualidade:** indica se a técnica permite um aprendizado mútuo, resolução de conflito ou identificação dos requisitos;
- **Tempo:** corresponde ao tempo necessário para a elicitação de requisitos;
- **Custo:** está relacionado ao custo de pessoal e de capital;
- **Confiabilidade:** mensura o nível de confiança das informações coletadas para o desenvolvimento do projeto;
- **Ambiente organizacional:** indica se a técnica considera o ambiente onde está sendo feita a elicitação e o domínio do negócio sobre o qual o sistema será desenvolvido;
- **Validação dos requisitos:** estabelece se a técnica permite a validação dos requisitos;
- **Necessidade de treinamento:** menciona o nível de necessidade de treinamento que o analista de requisitos precisará para conhecer e aplicar a técnica na elicitação.

## 3. APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO

O Apoio à Decisão Multicritério envolve vários métodos que buscam propiciar a avaliação das alternativas consideradas no problema de decisão e tentam incorporar o julgamento de valor do decisor. Segundo Almeida [26], a aplicação de qualquer método multicritério pressupõe que sejam estabelecidos os objetivos que o decisor pretende alcançar por meio da representação desses múltiplos objetivos pelo uso de múltiplos critérios ou atributos.

No que diz respeito aos métodos multicritérios, existem duas principais escolas de pensamento, a Francesa e a Americana. A primeira integra os métodos das famílias Electre e Prométhée e a segunda é composta pela Teoria da Utilidade Multiatributo e pelos Métodos de Análise Hierárquica - AHP [27]. O escopo deste artigo está limitado no uso dos Métodos Electre II e AHP Referenciado.

### 3.1 Electre II

Esse método avalia as alternativas disponíveis com base em critérios pré-estabelecidos que não ultrapassem um determinado nível de descontentamento aceito pelo decisor [28]. A vantagem do Electre II em relação à primeira versão está na geração de um ranking completo das alternativas após a realização de dois testes:

- Teste da concordância: avalia se o índice de concordância entre duas alternativas distintas está acima de um nível mínimo de aceitabilidade. Os índices de concordância são obtidos por meio da Equação 1 e constituem os elementos da matriz de concordância;
- Teste da discordância: verifica se o índice de discordância entre duas alternativas distintas está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância. Esses índices são calculados usando a Equação 2 e compõem a matriz de discordância.

$$C(a,b) = \frac{K^+(a,b) + K^-(a,b)}{K^+(a,b) + K^-(a,b) + K^-(a,b)} \quad (1)$$

Onde:

$K^+(a,b)$  é a soma dos pesos dos critérios em que a alternativa  $a$  é preferível a alternativa  $b$ .

$K^-(a,b)$  é a soma dos pesos dos critérios em que as alternativas  $a$  e  $b$  são indiferentes.

$K^-(a,b)$  é a soma dos pesos dos critérios em que a alternativa  $b$  é preferível a  $a$ .

$$D_{i,k} = \left(\frac{1}{d}\right) \max. (u_j(x_j) - u_j(x_k)) \quad (2)$$

Onde:

$d$  é o maior valor dentre as diferenças obtidas entre o maior e o menor valor de utilidade considerando os critérios adotados para a seleção das alternativas.

$\max. (u_j(x_j) - (u_j(x_k)))$  é o maior valor de diferença entre as alternativas discordantes para os critérios considerados.

Os conceitos de concordância e discordância são utilizados para ordenar o conjunto de alternativas, em que a primeira opção é a melhor possível. A ordenação é obtida por meio de duas pré-ordens construídas a partir das relações de sobreclassificação denominadas forte ( $S_F$ ) e fraca ( $S_f$ ). Essas relações são definidas a partir de três índices de concordância ( $c$ ) e dois de discordância ( $d$ ).

$c_1, c_2, c_3$  em que  $1 \geq c_1 \geq c_2 \geq c_3 \geq 0$ .

$d_1$  e  $d_2$  em que  $1 \geq d_1 \geq d_2 \geq 0$ .

Uma relação é considerada de superação forte somente se satisfaz, no mínimo, um dos dois conjuntos de restrições [27]:

- 1)  $c(a,b) \geq c_1$
- 2)  $d(a,b) \leq d_1$
- 3)  $K^+(a,b) \geq K^-(a,b)$

Ou

- 1)  $c(a,b) \geq c_2$
- 2)  $d(a,b) \leq d_2$
- 3)  $K^+(a,b) \geq K^-(a,b)$

A relação de superação fraca, por sua vez, é estabelecida apenas se atender as seguintes condições [27]:

- 1)  $c(a,b) \geq c_3$
- 2)  $d(a,b) \leq d_1$
- 3)  $K^+(a,b) \geq K^-(a,b)$

### 3.2 AHP Referenciado

É um método que surgiu a partir da abordagem clássica proposta inicialmente por Saaty [29]. Essa variação do AHP exprime a preocupação com a controvérsia pressuposta entre os valores dos critérios para cada alternativa. Para isso foi introduzida uma constante de proporcionalidade  $K$  a fim de contribuir no cálculo do valor referenciado das alternativas para cada critério (Equação 3).

$$x_k = K q_k \sum_k T_{h,k} \quad (3)$$

O valor referenciado mostra que a importância de cada critério ( $x_k$ ) deve ser proporcional (constante  $K$ ) ao produto de seu fator de escala ( $q_k$ ) com a soma dos valores absolutos da alternativa avaliada ( $T_{h,k}$ ) para cada critério  $k$ .

O valor de cada alternativa  $W_i$  (Equação 4) é obtido somando o produto de valor referenciado ( $x_k$ ) de um critério  $k$  pelo valor relativo ( $W_{i,k}$ ) dessa alternativa para o mesmo critério.

$$W_i = \sum_k x_k W_{i,k} \quad (4)$$

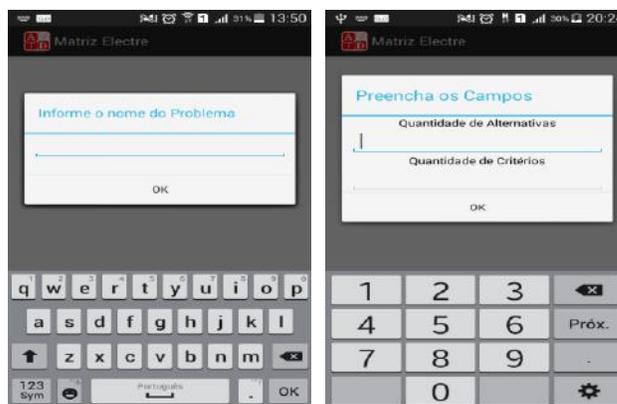
## 4. APLICATIVO ATD

ATD (Assistente à tomada de Decisão) é um aplicativo que estamos desenvolvendo para dispositivos móveis com sistema operacional *Android*. O objetivo do ATD é auxiliar os usuários no processo de tomada de decisão. Na tela inicial, deve ser escolhido um dos métodos disponíveis: Electre II ou AHP Referenciado.

### 4.1 Funcionamento dos métodos propostos

O ATD é composto pelas três etapas chaves detalhadas a seguir:

**I. Inserção de Dados:** A Figura 1 mostra as telas de inserção de dados. Insere-se o nome do problema de decisão para o qual se deseja a solução (Figura 1a), além da quantidade de alternativas e critérios (Figura 1b).



a. Nome do problema

b. Qtde de alternativas e critérios

Figura 1. Tela para inserção de dados.

**II. Preenchimento dos Dados:** Independente do método escolhido, uma matriz de dados deve ser totalmente preenchida (Figura 2). Inicialmente, deve ser informado o nome das alternativas e critérios, que correspondem às linhas e colunas da matriz, respectivamente. Em seguida, devem ser preenchidos os elementos da matriz (valores dos critérios para cada alternativa). Especificamente para o Electre II deve ser fornecido também o valor de peso de cada critério, a função objetivo de otimização (maximizar ou minimizar) para cada critério e o valor dos limiares de concordância e discordância (Figura 2a). Particularmente para o método AHP Referenciado, o fator de escala de cada atributo deve ser fornecido (Figura 2b). Após o preenchimento de todos os dados, deve-se clicar no botão “Enviar Dados”.

**a. Dados do Electre II**

Alternativas	Critério 1	Critério 2
Alternativa 1	Valor	Valor
Alternativa 2	Valor	Valor

Pesos	Peso 1	Peso 2
F. Objetivo	Obj1	Obj2

Qual o Limiar de Concordancia?  
Concordancia

Qual o Limiar de Discordancia?  
Discordancia

Enviar Dados

**b. Dados do AHP Referenciado**

Alternativa 1	Valor	Valor
Alternativa 2	Valor	Valor

F. Escala	Fator 1	Fator 2

Enviar Dados

Figura 2. Preenchimento dos dados.

**III. Visualização dos Resultados:** Após os dados serem enviados para processamento, o ATD efetuará os cálculos e mostrará a ordem das alternativas recomendadas ao usuário. É possível obter informações detalhadas a respeito dos cálculos realizados pelos métodos. Se o método selecionado for o Electre II, o usuário poderá visualizar os valores das matrizes inicial, normalizada, de concordância, de discordância e de superação. Para isso, basta clicar no botão “Mais Detalhes”, conforme exemplo ilustrado na Figura 3. Se o método escolhido for o AHP Referenciado, o ATD mostrará os valores da Matriz Inicial, Matriz de Comparação por critério, valor final dos critérios (Xi) e das alternativas (Wi). A Figura 4 ilustra um exemplo com os valores detalhados das matrizes processadas pelo método AHP Referenciado.

**MATRIZ INICIAL**

Alternativas	preço	conforto	consumo
1	18000	5	8
2	20500	6	5
3	24700	6	4
4	22800	8	7

**MATRIZ NORMALIZADA**

	preço	conforto	consumo
1	0.209	0.200	0.333
2	0.238	0.240	0.208
3	0.287	0.240	0.167
4	0.265	0.320	0.292

**MATRIZ CONCORDANCIA**

	1	2	3	4
1	-	0.800	0.800	0.800
2	0.200	-	1.000	0.500
3	0.200	0.200	-	0.000
4	0.200	0.500	1.000	-

**MATRIZ DISCORDANCIA**

	1	2	3	4
1	-	0.241	0.241	0.723
2	0.753	-	0	0.606
3	1.000	0.295	-	0.753
4	0.337	0.163	0	-

**MATRIZ SUPERACAO FORTE**

	1	2	3	4
1	-	1	1	0
2	0	-	1	0
3	0	0	-	0
4	0	0	1	-

**MATRIZ SUPERACAO FRACA**

	1	2	3	4
1	-	1	1	0
2	0	-	1	0
3	0	0	-	0
4	0	1	1	-

Ordem das alternativas Superacao Forte  
Opção1: 1  
Opção2: 2  
Opção3: 3

Figura 3. Exemplo de matrizes processadas pelo Electre II.

**MATRIZ INICIAL**

	preço	manutenção	consumo
carro1	14000	2000	0.05
carro2	5000	4000	0.03
carro3	6000	4000	0.05
Σ.k T <sub>i</sub> (h,k)	25000.00	10000.00	0.13

**MATRIZES DE COMPARAÇÃO**

**preço**

	carro1	carro2	carro3	w <sub>J1</sub>
carro1	1	2.800	2.333	0.560
carro2	0.357	1	0.833	0.200
carro3	0.429	1.200	1	0.240

**manutenção**

	carro1	carro2	carro3	w <sub>J2</sub>
carro1	1	0.500	0.500	0.200
carro2	2.000	1	1.000	0.400
carro3	2.000	1.000	1	0.400

**consumo**

	carro1	carro2	carro3	w <sub>J3</sub>
carro1	1	1.667	1.000	0.385
carro2	0.600	1	0.600	0.231
carro3	1.000	1.667	1	0.385

**Xi**

x1: 0.295  
x2: 0.59  
x3: 0.115

**Wi**

w1: 0.327  
w2: 0.322  
w3: 0.351

**Ordem das alternativas**

Opção1 = carro3: 0.351  
Opção2 = carro1: 0.327  
Opção3 = carro2: 0.322

Figura 4. Exemplo de matrizes processadas pelo AHP Referenciado.

## 5. EXPERIMENTOS

Participaram da nossa pesquisa um grupo de 25 pessoas, composto por alunos de graduação, graduados e professores dos cursos de Sistemas de Informação e Engenharia de Software da Universidade Federal do Amazonas. Esses cursos são ofertados no Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, localizado no Município de Itacoatiara, Estado do Amazonas. Essas pessoas foram escolhidas por causa de suas experiências em desenvolvimento de sistemas e pelo conhecimento sobre elicitação de requisitos. Para cada um foi enviado um questionário sobre a importância dos critérios para a elicitação de requisitos. O questionário está disponível em <https://docs.google.com/forms/d/1Jiv9HIDfOrOz07kHFtIrDw4rqtohRW1M6cVrO3K31m4/viewform?c=0&w=1>.

Conforme visto na seção anterior, para usar os métodos Electre II e AHP Referenciado é necessário estabelecer: critérios, alternativas, pesos e fatores de escala para os critérios. Em nosso estudo, os critérios adotados estão descritos na Tabela 1 e as alternativas (técnicas de elicitação) estão dispostas na Tabela 2. Já a Tabela 3 mostra o valor correspondente à importância do critério para uma alternativa e a Tabela 4 indica a codificação dos níveis de relevância para as técnicas de elicitação.

Tabela 1. Critérios adotados.

Código	Descrição
A	Qualidade
B	Tempo
C	Custo
D	Confiabilidade
E	Ambiente Organizacional
F	Validação dos Requisitos
G	Necessidade de treinamento

Tabela 2. Técnicas escolhidas.

Código	Descrição
I	Questionário
II	Entrevista
III	Brainstorming
IV	Protipação
V	JAD

**Tabela 3. Valor de peso dos critérios para as alternativas.**

Peso	Descrição
1	Nenhuma Relevância
2	Baixa Relevância
3	Média Relevância
4	Grande Relevância

**Tabela 4. Relevância das técnicas de eliciação.**

Peso	Descrição
1	Nenhuma Importância
2	Baixa Importância
3	Média Importância
4	Grande Importância
5	Absoluta Importância

### 5.1 Resultados Experimentais

A Tabela 5 mostra uma matriz de decisão, que contém valores resultantes de uma função de avaliação da alternativa (linha) para o critério (coluna). Esses valores foram extraídos do trabalho publicado por Barbosa *et al.* [17]. A penúltima linha da matriz contém os valores de pesos dos critérios que foram obtidos a partir das respostas fornecidas pelos participantes durante a aplicação do questionário. Finalmente, na última linha da matriz está descrito o tipo de função objetivo desejado para o critério correspondente. No exemplo aplicado, espera-se que os critérios: tempo, custo e necessidades de treinamento tenham os menores valores possíveis.

**Tabela 5. Matriz de decisão para escolha da técnica de eliciação.**

Técnicas	Critérios						
	A	B	C	D	E	F	G
I	2	3	3	3	2	1	2
II	3	3	3	4	4	4	3
III	4	3	3	3	4	1	3
IV	4	3	2	4	4	4	2
V	4	2	2	4	4	4	2
Pesos	4	4	3	5	4	4	4
Objetivo	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Min

Os valores normalizados correspondentes aos elementos da matriz de decisão estão dispostos na Tabela 6. A normalização do valor atribuído a cada técnica para um dado critério foi calculada considerando os valores das demais técnicas para o mesmo critério. Além disso, o valor de cada peso também foi normalizado considerando os demais valores de peso.

**Tabela 6. Matriz Normalizada.**

Técnicas	Critérios						
	A	B	C	D	E	F	G
I	0,118	0,214	0,231	0,167	0,111	0,071	0,167
II	0,176	0,214	0,231	0,222	0,222	0,286	0,250
III	0,235	0,214	0,231	0,167	0,222	0,071	0,250
IV	0,235	0,214	0,154	0,222	0,222	0,286	0,167
V	0,235	0,143	0,154	0,222	0,222	0,286	0,167
Pesos	0,143	0,143	0,107	0,179	0,143	0,143	0,143
Objetivo	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Min

Após gerar a matriz normalizada, os índices de concordância e discordância devem ser calculados usando as Equações 1 e 2, respectivamente. Os resultados da Matriz de Concordância e da Matriz de Discordância entre as alternativas podem ser visualizados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

**Tabela 7. Matriz de Concordância.**

	I	II	III	IV	V
I		0,393	0,714	0,285	0,143
II	0,857		0,702	0,607	0,465
III	0,857	0,857		0,428	0,286
IV	1	1	1		0,858
V	1	1	1	1	

**Tabela 8. Matriz de Discordância.**

	I	II	III	IV	V
I		1	0,544	1	1
II	0,386		0,274	0,386	0,386
III	0,386	1		1	1
IV	0	0	0		0,330
V	0	0	0	0	

Para esta pesquisa, foram adotados os seguintes valores como índices de concordância e discordância:

Índices de concordância:  $c_1 = 0,80$ ;  $c_2 = 0,60$ ;  $c_3 = 0,40$

Índices de discordância:  $d_1 = 0,40$ ;  $d_2 = 0,20$

Com base nesses índices de concordância e discordância foram geradas as matrizes de superação forte e fraca, que estão mostrados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

**Tabela 9. Matriz  $M_F$  - Superação Forte.**

	I	II	III	IV	V
I		0	0	0	0
II	1		1	0	0
III	1	0		0	0
IV	1	1	1		1
V	1	1	1	1	

**Tabela 10. Matriz  $M_f$  - Superação Fraca.**

	I	II	III	IV	V
I		0	0	0	0
II	1		1	1	1
III	1	0		0	0
IV	1	1	1		1
V	1	1	1	1	

Se o elemento da matriz (superação forte ou superação fraca)  $m_{ij}=1$ , significa que a alternativa  $i$  supera a alternativa  $j$ . Caso contrário, não é possível afirmar que tal superação ocorre. No exemplo, a Tabela 9 mostra que as alternativas IV e V superam todas as demais alternativas. Com base na matriz de superação forte (mais rigorosa ao comparar os valores de concordância e discordância) as alternativas mais recomendadas pelo Método Electre II são: IV, V, II, III e I ou V, IV, II, III e I.

O método AHP Referenciado foi aplicado ao mesmo conjunto de dados que gerou a matriz de decisão mostrada na Tabela 11.

**Tabela 11. Matriz de decisão para escolha da técnica de elicitação AHP Referenciado.**

Técnica	Critérios						
	A	B	C	D	E	F	G
I	2	3	3	3	2	1	2
II	3	3	3	4	4	4	3
III	4	3	3	3	4	1	3
IV	4	3	2	4	4	4	2
V	4	2	2	4	4	4	2
$\Sigma_k T_{h,k}$	17	14	13	18	18	14	12

Como todos os critérios utilizados foram mensurados usando valores qualitativos, o fator de escala atribuído para cada um deles foi o valor unitário.

Os cálculos de comparação entre as alternativas para todos os critérios foram processados, mas neste artigo estamos ilustrando apenas a comparação para o critério A (Tabela 12). A última coluna corresponde ao valor resultante ponderado da alternativa.

**Tabela 12. Matriz de comparação para o critério A.**

Técnica	I	II	III	IV	V	$W_{II}$
I	1	0,667	0,5	0,5	0,5	0,118
II	1,5	1	0,75	0,75	0,75	0,176
III	2	1,333	1	1	1	0,235
IV	2	1,333	1	1	1	0,235
V	2	1,333	1	1	1	0,235

As Equações 3 e 4 foram aplicados aos dados da Tabela 11 e os resultados obtidos pelo método AHP Referenciado foram os seguintes:

#### Valores de $X_i$

Critério A = 0,162

Critério B = 0,124

Critério C = 0,124

Critério D = 0,171

Critério E = 0,171

Critério F = 0,133

Critério G = 0,114

#### Valores de $W_i$

Alternativa I = 0,152

Alternativa II = 0,228

Alternativa III = 0,200

Alternativa IV = 0,209

Alternativa V = 0,209

Com base nos valores resultantes, foi processada a seguinte ordem das técnicas recomendadas: II, IV, V, III e I ou II, V, IV, III e I.

## 5.2 Análise dos Resultados

Ao comparar os resultados gerados pelos dois métodos investigados, verificamos que houve uma divergência na técnica de elicitação mais recomendada. No entanto, é importante ressaltar que o método Electre II gera dois resultados: um para a superação forte e a outra para a superação fraca. Esta última possui uma maior flexibilidade em termos de análise da concordância e discordância. Em outras palavras, ocorre um relaxamento nas restrições utilizadas pela superação forte.

Se a comparação entre os métodos for realizada entre o resultado gerado pelo AHP Referenciado e o resultado obtido pela superação fraca, provavelmente teríamos uma convergência na recomendação da técnica mais adequada. Neste caso, Alternativa II é uma das técnicas de elicitação mais apropriadas para ser aplicada no contexto analisado. Esse resultado confirma a afirmação feita por diferentes autores de que a Entrevista é a mais utilizada [13, 15].

Vale salientar que os nossos resultados não são comparáveis com aqueles relatados em [17], pelo fato de não coincidir os modos de investigação. No trabalho apresentado aqui, buscou-se caracterizar a utilização do método de tomada de decisão usando uma tecnologia de apoio, por meio de um aplicativo móvel.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi proposto um processo para auxiliar os analistas de sistemas e engenheiros de software na escolha da técnica mais adequada para elicitação de requisitos, usando os métodos de tomada de decisão multicritério Electre II e AHP Referenciado. Os dados sobre as técnicas utilizadas como alternativas na matriz de decisão em relação aos critérios foram obtidos por meio de uma revisão da literatura. O grau de importância desses critérios foi determinado a partir das respostas fornecidas por um grupo de estudantes universitários e profissionais da área de Informática.

O principal resultado da pesquisa descrita neste artigo mostrou que os métodos aplicados foram capazes de ordenar as técnicas mais recomendadas para o levantamento de requisitos, considerando um conjunto de critérios pré-estabelecidos. Com a utilização da técnica mais apropriada, a elicitação correta de requisitos pode proporcionar muitos benefícios ao desenvolvedor de software, como por exemplo: maior eficácia no sistema demandado pelo cliente com a redução de tempo e diminuição de retrabalhos nos projetos. Isso sem considerar que a consequência natural será uma diminuição nos custos de projeto, e com isso irá minimizar o índice de clientes insatisfeitos por causa do software não atender às suas necessidades.

Como principais ameaças à validade gerada neste trabalho, podemos destacar: 1) Validade Interna: neste quesito pode ser considerada como uma ameaça o risco de generalizar a interpretação dos resultados, visto que não foi identificado o tipo de sistema desenvolvido pelos participantes da pesquisa. 2) Validade Externa: neste aspecto é importante ressaltar que o estudo foi realizado em ambiente acadêmico. E, por isso, pode ser considerado uma ameaça à validade devido ao fato de que talvez o resultado poderia ser diferente se o estudo tivesse sido aplicado com profissionais em desenvolvimento de software que estejam atuando nas indústrias. Como trabalhos futuros, pretendemos investigar outros conjuntos de técnicas de elicitação e diversificar o grupo de participantes da pesquisa.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Pressman, R. S. 2011. *Engenharia de Software: Uma abordagem Profissional*. Porto Alegre: AMGH.
- [2] Espindola, Rodrigo dos Santos., Majdenbaum, Azriel., e Audy, Jorge Luis Nicolas. 2004. *Uma Análise Crítica dos Desafios para Engenharia de Requisitos em Manutenção de Software*. In: Anais do VII Workshop em Engenharia de Requisitos, Tandil: Argentina, p. 226-238.
- [3] Sommerville, I., and Sawyer, Peter. 1997. *Requirements Engineering – a good practice guide*. New York: John Wiley & Sons Ltda.
- [4] Ferguson, R., e Lami, G. 2006. *An Empirical Study on The Relationship Between Defective Requirements and Test Failures*. Software Engineering Workshop, p. 7-10, IEEE Computer Society, April.
- [5] Fernandes, M., Machado, R., e Seidman, S. 2009. *A Requirements Engineering and Management Training Course for Software Development Professionals*. In: Anais da Conference on Software Engineering Education and Training, 22th, p. 20-25.
- [6] Freitas, D. P., Borges, M. R. S., e Araújo, R. M. 2007. *Colaboração e Negociação na Elicitação de Requisitos*. In: Anais do X Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos Y Ambientes de Software, Isla de Margarita, p. 371-384.
- [7] Belgamo, A., Martins, L. 2000. *Estudo Comparativo sobre as Técnicas de Elicitação de Requisitos do Software*. In: Anais do XX Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Computação, Curitiba: Paraná, p. 1-8.
- [8] Azeredo, J. S., Júnior, G. G. P., Santos, R. B. O., Barreto, D. N. S., e Gonçalves, T. J. M. 2009. *Utilização do Método de Análise Hierárquica (AHP) para Seleção de um Sistema Integrado de Gestão (ERP)*. In: Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador: Bahia, p. 29-39.
- [9] Cunha, José A. O. G., Dias Jr., José J. L., Cunha, Lívia M. R. de V., e Moura, Hermano P. de. 2015. *Melhoria de Processo de Software sob a Perspectiva dos Vieses Cognitivos: Uma Análise de Múltiplos Casos*. In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, Goiânia, GO.
- [10] Sadiq, M., Ghafir, S., and Shahid, M. 2009. *An Approach for Eliciting Software Requirements and its Prioritization Using Analytic Hierarchy Process*. In: International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing. ARTCom, p.790-795, 27-28 Oct.
- [11] Bronze, Reinaldo, Maia, Felipe; Lima, Wellington, Rocha, Paulo. 2013. *Levantamento de requisitos de software, uma análise comparativa*. In: Congresso de Iniciação Científica do Inatel, Santa Rita do Sapucaí, p. 309-311.
- [12] Rêgo, Renata Magalhães, Dias neto, Arilo Cláudio. 2014. *Estratégia de apoio à seleção de técnicas para elicitação de requisitos*. In: XII Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software (WTDQS), Blumenau – S.C.
- [13] Carrizo, D., Dieste, O., and Juristo, N. 2014. *Systematizing requirements elicitation technique selection*. Journal information and software technology, v. 56. n. Jun. p. 644-669.
- [14] Sommerville, I. 2007. *Software Engineering*. 8. ed. São Paulo. Pearson Addison Wesley.
- [15] Aurum, A., Wohlin, C. 2005. *Engineering and Managing Software Requirements*. Berlin. Springer-Verlag.
- [16] Lauesen, S. 2002. *Software Requirements Styles and Techniques*. England. A Personal Education Limited.
- [17] Barbosa, Clívia; Werneck, Marcelo; Assis, Hellen; Fernandes Ulisses e Silva, Ismael. 2009. *Um processo de elicitação de requisitos com foco na seleção da técnica de elicitação*. In: VIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Ouro Preto: Minas Gerais, p. 159-173.
- [18] Silva, Crivanil Oliveira dos. 2006. *Aplicação do modelo i\* em um processo de análise de requisitos orientados a metas*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Metodista de Piracicaba.
- [19] Kendall, K. E., Kendall, J. E. 2010. *Systems Analysis and Design*. 8th. New Jersey. Prentice Hall.
- [20] Paula Filho, W. de P. 2003. *Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões*. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- [21] Kotonya, Gerald and Sommerville, Ian. 1998. *Requirements Engineering Processes e Techniques*. England. John Wiley.
- [22] Wiegers, K. E. 2003. *Software Requirements: Practical techniques for gathering and managing requirements throughout the product development cycle*. 2. Ed., Microsoft Press, Redmond, Washington.
- [23] Sommerville, I. 2011. *Engenharia de Software*. 9. ed. São Paulo: Addison Wesley Brasil.
- [24] Silva, Wilson Carlos. 2008. *Paradigma: Uma Ferramenta para Geração Automática de Modelo Conceitual de Classes Baseada em Processamento de Linguagem Natural*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Metodista de Piracicaba.
- [25] Freitas, Danilo Pestana de. 2006. *Ampliando a Colaboração no Levantamento de Requisitos de Sistemas*. Dissertação de Mestrado em Informática – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- [26] Almeida, A. T. 2011. *O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Recife: Universitária da UFPE.
- [27] Gomes, L. F. M. A., Araya, M. C. G., e Carignano, C. 2004. *Tomada de decisões em cenários complexos*. SP: Pioneira.
- [28] Chaves, Maria Cecilia de Carvalho; Gomes Júnior, Silvio Figueiredo; Pereira, Eliane Ribeiro; Mello, e João Carlos C. B. Soares de. 2010. *Utilização do método Electre II para avaliação e pilotos no campeonato de formula 1*. Produção. São Paulo, v. 20, n. 1, p. 102 – 113, jan./mar.
- [29] Gomes, L. F. M. A., Araya, M. C. G., e Carignano, C. 2011. *Tomada de decisões em cenários complexos: Introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão*. São Paulo: Cengage Learning.