

Uma proposta de análise multicritério no contexto de escolha de método de gestão ágil de um projeto de software

Mayara Gomes de Oliveira Pina¹,
Hermano Perrelli de Moura²

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
50732-970 – Cidade Universitária, Recife – PE – Brasil

Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do certificado de formação.

Recife, 25 de setembro de 2024

Resumo. Esta pesquisa propõe um modelo de decisão multicritério para auxiliar gestores de projetos a escolher a opção mais adequada entre métodos ágeis de gerenciamento no contexto de projetos de desenvolvimento de software. O método MACBETH foi aplicado para criar o modelo, e o sistema M-MACBETH foi utilizado para gerar o modelo proposto com base nos critérios definidos. O objetivo é propor uma abordagem de decisão utilizando MCDM/MCDA (Multi-Criteria Decision-Making/Multi-Criteria Decision Analysis) e na qual a liderança de gestão poderá utilizar como opção estratégica para maximizar as chances de sucesso técnico e de negócios das suas iniciativas a partir da escolha entre os métodos ágeis, considerando critérios mais importantes que podem impactar projetos de desenvolvimento de software.

Palavras-chave: Análise de decisão multicritério; MACBETH; Gestão ágil; Gestão de projetos; Desenvolvimento de software

Abstract. This research proposes a multi-criteria decision model to assist project managers in selecting the most appropriate agile management method for software development projects. The MACBETH method was applied to create the model, and the M-MACBETH system was used to generate the proposed model based on the defined criteria. The objective is to present a decision-making approach using MCDM/MCDA (Multi-Criteria Decision-Making/Multi-Criteria Decision Analysis), which project leadership can strategically leverage to maximize the technical and business success of their initiatives by selecting agile methods, taking into account the most critical criteria that can impact software development projects.

Keywords: Multi-Criteria Decision Analysis; MACBETH; Agile Management; Project Management; Software Development

¹ Autora e aluna do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro de Informática da UFPE (mgop@cin.ufpe.br)

² Orientador e professor do Centro de Informática da UFPE (hermano@cin.ufpe.br)

1. Introdução

Chester Barnard, autor do livro *The Functions of the Executive*, escrito em 1938, trouxe o termo “*decision making*” do vocabulário léxico da administração pública para a área de negócios [Barnard 1996]. A partir desse ponto, essa expressão foi utilizada para substituir outras como “alocação de recursos”. Surpreendente, há registros ainda mais antigos que referenciam a ideia de uma decisão baseada em múltiplos fatores ou critérios e isso pode ser rastreado até Benjamin Franklin (1706-1790), que aparentemente utilizou-se disso para criar um simples processo para gerenciar seus documentos, decidindo quais deles eram mais importantes que outros através de variados critérios [Benjamin Franklin 1772]. Então, em 1951, Kuhn e Tucker criaram um conceito de resolução para um problema de otimização de um programa não linear, utilizando também vários parâmetros, que foram identificados como condições de qualificação ou *constraint qualifications* [Cohon 2003]. Seria possível construir uma rica linha do tempo desde então até os dias atuais sobre o tema, que com o passar das décadas foi tomando forma e recebendo contribuições teóricas e práticas até chegar no conceito centralizado que hoje é conhecido como MCDM ou *Multi-criteria Decision Making*. Sua importância e usabilidade tem então crescido de forma exponencial a sua relevância técnica, social, política e econômica, visto que hoje vivemos em um mundo cada vez mais complexo, plural e de múltiplas opções; e no mundo dos negócios tecnológicos não é diferente.

É possível dizer que o cenário pontuado anteriormente seja expressado ainda mais fortemente no área de tecnologia, visto que ela tem se tornado um cerne econômico-social no atual século. Cada vez mais temos o crescimento e a alta demanda para criação de desenvolvimento de tecnologias e *softwares*. Em paralelo a isso, também é válido destacar que dentro do processo de desenvolvimento de tecnologias de *software* é possível ter acesso e utilizar diversos recursos tecnológicos, financeiros e de negócios; sendo importante destacar as diversas alternativas, diversos critérios e abordagens que existem no que diz respeito do processo de criação, desenvolvimento e entrega de uma aplicação no mercado de negócios nos dias de hoje.

Para lidar com os diferentes aspectos que envolvem um projeto de desenvolvimento de *software* e ainda mais com as altamente mutáveis variabilidades que o cercam, no início dos anos 2000 houve o surgimento do que foi chamado de Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de Software [Beck et al. 2001], como uma alternativa de abordagem estratégica projetos de tecnologia além da tradicional. Desde então, essa forma de abordagem tem se desenvolvido e vários métodos ágeis têm sido criados, inclusive na específica área de gerenciamento de projetos de *software*. Gerenciamento Ágil de Projetos pode ser definido como um abordagem de gestão iterativa e incremental dos processos que envolvem o desenvolvimento de um produto e a liderança de times, utilizando como base os valores e princípios definidos e

defendidos pelo Manifesto. Alguns dos métodos ágeis mais utilizados atualmente são o Scrum, o Kanban, o Extreming Programming (XP), o método Lean, o SAFe (Scaled-Agile Framework) e vários outros. Cada método possui seus próprios processos, princípios e vantagens e desvantagens a partir do contexto, demandas, características e critérios do projeto que será gerenciado.

É papel principalmente da liderança de gestão de projeto de *software*, entender o contexto de negócios do processo e definir o método, os processos e princípios que deverão ser utilizados no momento em que precede a etapa de sua execução, o que de acordo com o PMI (Project Management Institute) é denominada como a fase de Planejamento [PMI 2021]. Nas metodologias ágeis essa definições podem ser feitas juntamente com o time que será responsável e atuará diretamente no desenvolvimento do projeto ou não, porém não é possível negar que essa é uma das primeira decisões estratégicas que esta pessoa necessita tomar ao iniciar um projeto, que inclusive virá a basear as futuras decisões que comumente fazem parte do ato de gerenciamento. Esse processo decisório de planejamento pode levar em consideração variados critérios e características do projeto em questão e do seu contexto como custo: se o orçamento para o projeto é menor ou maior, qualidade esperada: dentro do custo e tempo disponíveis a qualidade poder alta ou mais baixa, expectativas das partes interessadas: os stakeholders esperam que suas interesses sejam encontrados a curto ou longo prazo, e vários outros critérios que podem ter mais ou menos peso como mais importantes na escolha de como gerenciar o projeto a depender das características do mesmo. Sendo únicas, também é possível pontuar que pode ser difícil uma liderança de projeto utilizar a mesmo método ágil de gerenciamento em todos os projetos, visto que provavelmente haverá aqueles em que o método pode não ser compatível com suas características e critério, ou seja, alguns métodos podem funcionar muito bem em alguns contextos, porém em outro pode não ter o mesmo resultado otimista.

Neste contexto, para auxiliar a liderança de projetos e reconhecendo como é imprescindível reconhecer a importância da escolha do melhor método para cada tipo de projeto, este estudo tem como objetivo propor um processo de escolha baseado em processo de levantamento de critérios para decisão do melhor método de gestão ágil de projetos de *software* para maximizar suas chances de sucesso e entrega e alcançar a opção mais adequada através da abordagem de MCDM (*Multi-Criteria Decision-Making*) [Zionts 1979]. Para esta proposta, o modelo multicritério será abordado com aplicação do método MCDA (*Multi-Criteria Decision Analysis*) MACBETH e o uso do software M-MACBETH [Bana e Costa, De Corte e Vansnick 2012] como ferramenta para tal.

Este artigo aborda inicialmente o cenário teórico atual no planejamento de projetos de *software*, com foco na seleção de um método de gerenciamento que se alinhe às necessidades específicas de cada projeto. Em seguida, identifica os métodos ágeis como soluções para o gerenciamento de projetos de software. Também é discutida

a carência de modelos de apoio à decisão, especialmente em contextos complexos, como o gerenciamento ágil de projetos de *software*. Para mitigar essa lacuna, o artigo então propõe a estruturação e análise de um modelo MACBETH, voltado para apoiar a tomada de decisão de gerentes de projetos de software e líderes da área. Por fim, a aplicação do modelo é simulada através de um estudo de caso que examina a escolha de métodos ágeis em projetos de software reais, ilustrando sua eficácia em contextos variados. Finalmente, conclusões e oportunidades para trabalhos futuros são apresentadas.

2. Referencial teórico

Esta seção é dedicada ao diálogo deste trabalho com autores de estudos, processos de inferência e análise das informações teóricas. Nela, são utilizados artefatos de análise, de estudos de aplicação da teoria estudada e outros que constituem a argumentação deste artigo, e os entrelaçamentos teóricos com os autores são apresentados de forma autoral.

2.1. Análise do planejamento estratégico de projetos de software

De acordo com o professor Kerzner [Kerzner 2013] em "Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling", o planejamento estratégico de um projeto de software é um elemento imprescindível para garantir que um projeto seja finalizado e entregue com sucesso: dentro do prazo, do orçamento e atendendo bem às expectativas do cliente e stakeholders e que exerça seu papel no sucesso de uma organização. É um processo que se apresenta com o objetivo de trazer clareza e objetivo unânime para todos os envolvidos. Os principais componentes deste processo são a identificação de metas e objetivos, da alocação de recursos, da definição de cronogramas e a determinação de métricas para medir o sucesso do projeto; que podem ser ajustados ao longo do desenvolvimento do projeto de acordo com a ocorrência de mudanças. Porém, é possível afirmar que a fase principal e primordial de um planejamento é a fase de estruturação.

Esta fase atuará como base para todas as outras partes pertencentes ao desenvolvimento de software, pois é onde as decisões estratégicas são tomadas e onde os processos fundamentais são definidos para guiar a execução do projeto. Por isso, representa uma fase primordial de decisão dentro do grande processo relativo à gestão de projetos. Uma das decisões a serem tomadas nessa fase é relativa a metodologia que será utilizada visto que, é a escolha que irá ditar a eficiência e eficácia do projeto em seus variados aspectos: como acontecerá o gerenciamento de escopo, como deverá ocorrer os processos de comunicações internas e externas e como e quais processos serão estabelecidos como diretrizes, ou seja, essa fase não apenas define o que será feito, mas também como será feito. Nesse contexto, as metodologias ágeis para gestão de projetos têm ganhado notoriedade significativa desde os anos 2010 devido à sua capacidade de lidar com mudanças frequentes, promover a colaboração e aumentar a velocidade e qualidade de entrega.

2.2. Métodos ágeis para gerenciamento de projetos

Apesar do seu sucesso ter chegado algumas décadas depois, abordagens ágeis na área de tecnologia da informação é tema entre gerentes e líderes de projetos desde a década de 1990, o que culminou no conhecido Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de Software [Beck et al. 2001], lançado em 2001. Seus benefícios são imensamente reconhecidos, visto que apresentam ferramentas que possibilitam um maior espaço para lidar com mudanças contínuas e até mesmo comuns quando levado em consideração o nível de incerteza e riscos que podem estar presente em um projetos de software; promove a colaboração constante entre os envolvidos e permite uma visão mais empírica e flexível com relação ao processo de desenvolvimento. Ao adotar práticas iterativas e incrementais, essas metodologias permitem que o software seja entregue em pequenas partes funcionais em intervalos regulares. E isso não só acelera o feedback do cliente, mas também garante que o valor seja entregue continuamente [Schwaber & Sutherland, 2020]. Neste contexto, uma metodologia ágil para gestão de projetos pode ser caracterizada por:

- Iterações frequentes: O projeto pode ser dividido em curtos ciclos que podem durar entre 1 e 4 semanas. A intenção desta ação é permitir que ao fim de cada ciclo seja possível realizar a entrega funcional de parte do produto final, e que durante este período exista espaço para ajustes rápidos e contínuos às mudanças nos requisitos do cliente ou do mercado.
- Entrega contínua de valor: Foco em entregar partes funcionais do software que agreguem valor ao cliente em cada iteração. Essa entregas frequentes permitem que os stakeholders recebam valores contínuos e mensuráveis ao longo do projeto
- Adaptação às mudanças: Ao invés de seguir um plano rígido, as metodologias ágeis permitem que a equipe responda rapidamente às mudanças nos requisitos ou no mercado.
- Feedback contínuo: Ao final de cada ciclo há sempre um momento para revisões e feedback de stakeholders, com o objetivo de permitir que haja ajustes rápidos e contínuos com alinhamento máximo, além de ser um traço com necessidade de estímulo constante no dia a dia de um time de projeto de software;
- Colaboração e comunicação: É um fator primordial no dia a dia de um projeto e time ágil, pois ao utilizar ferramentas de comunicação e colaboração contínuas, tanto internamente entre membros do time, quanto com o cliente é possível assegurar que todos estão alinhados e trabalhando em direção aos mesmos objetivos, evitando inclusive, desafios que possam atrapalhar os relacionamentos profissionais.

Escolher a metodologia ágil adequada para um projeto de software é um processo complexo e repleto de desafios, principalmente levando em consideração que com o crescente desenvolvimento de métodos disponíveis e de adaptação às já

existentes, processo natural ao crescimento do mercado de tecnologia e sua maturidade tendo em vista processos e pessoas e circunstâncias específicas de cada projeto. Assim, é possível reafirmar que as metodologias ágeis continuam a oferecer benefícios significativos em termos de flexibilidade, entrega contínua de valor e melhoria contínua, tornando-as uma escolha importante e diferenciadora na gestão de projetos de software no atual cenário socioeconômico digital do nosso mundo. Apesar de reconhecer que nenhuma escolha é perfeita, a chave está em realizar a decisão mais otimizada e adaptar a metodologia às necessidades específicas do projeto e da organização, garantindo uma implementação eficaz e alinhada com os princípios ágeis e metas estratégicas do projeto.

2.3. MCDM

O terceiro pilar deste estudo é sobre uma abordagem conhecida como *multi-criteria decision making* (MCDM), conhecido também como *multi-criteria decision analysis* (MCDA), e como ela pode contribuir para processos de decisão complexos e muito importantes. MCDM é uma disciplina que oferece métodos, ferramentas e técnicas para a tomada de decisões complexas, incorporando múltiplos critérios a esse processo que podem ser qualitativos ou quantitativos [Taherdoost e Madanchian 2023]. Elas auxiliam o processo de análise sistemática de várias alternativas para auxiliar a decisão mais equilibrada ou mais otimizada, entregando .

Menções a abordagens sistemáticas a processos complexos e de variados critérios de decisão podem ser traçadas a até o século 18, porém foi na década de 50 do último século que o MCDM começa a tomar forma com a criação de métodos e técnicas para lidar com a tomada de decisão em ambientes complexos. É possível utilizar o MCDA em variados problemas diários da vida humana, seja no em contexto corporativo ou não, o objetivo sempre é encontrar a opção mais otimizada de um conjunto de opções que solucione a questão levantada. Em geral, com o avanço da matemática e da tecnologia, hoje o MCDA pode utilizar modelos matemáticos de programação linear multi objetiva, modelos com funções multi objetivas de programação, modelos de análise hierárquica e outros recursos, para concretizar e caracterizar seus variados métodos [Triantaphyllou 2000].

Seu diferencial frente à outras abordagens de *decision making* vão além da vasta variedade de aplicação e da possibilidade de considerar não somente aspectos exatos, matemáticos e racionais e também os aspectos abstratos, não explícitos, como fatores culturais e sociais, que apresentam alta influência nesse processo. A majoritariedade dos métodos do MCDM/MCDA apresentam a possibilidade de serem aplicados utilizando ferramentas muito bem estruturas e softwares de fácil usabilidade, permitindo que haja uma alta aderência à abordagem durante o processo decisório e uma otimização de decisões apenas conhecendo as bases do MCDM [Shahsavarani e Abadi 2015]. A abordagem mais generalista do MCDM segue o fluxo apresentado na Figura 1:

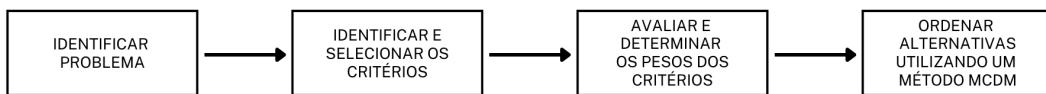


Figura 1. Fluxograma de fases do MCDM

Fonte: Adaptado de Taherdoost e Madanchian, 2023.

Em casos onde a questão a ser resolvida apresenta critérios um pouco maiores e mais complexos, a avaliação dos critérios se torna essencial [Taherdoost & Madanchian 2023], com um grupo ou grupos de especialistas fornecendo pesos aos critérios classificando sua atratividade, ou seja, o quanto aquele critério pode ser mais ou menos influente na decisão. As fases apresentadas na Figura 1, os passos e ferramentas a serem utilizadas no processo de decisão de multicritério podem variar de acordo com o método selecionado para ser utilizado. E para esse estudo, o método selecionado foi o MACBETH.

2.4. O método MACBETH

MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique) é um método MCDM/MCDA primeiramente proposto por Bana e Costa e Vansnick na década de 1990 [Bana e Costa e Vansnick 1995]. Seu principal objetivo é ser uma opção de auxílio ao processo de decisão, com a avaliação e comparação múltiplas alternativas com base em múltiplos critérios, de forma estruturada, sem a necessidade de atribuir valores numéricos ou pesos de forma direta, como ocorre em outras abordagens MCDM. O MACBETH se destaca por permitir que estas avaliações sejam realizadas de forma qualitativa, utilizando uma escala ordinal para expressar as diferenças de atratividade, que variam de "nula" a "extrema", e a partir dessas comparações, o método transforma essas avaliações qualitativas em uma escala cardinal de atratividade, permitindo uma análise quantitativa precisa das alternativas [Bana e Costa e Vansnick 1995]. Uma de suas vantagens se apresenta na simplicidade e na eficiência apresentadas ao lidar com comparações qualitativas, pois os decisores realizam julgamentos sobre a atratividade relativa das alternativas de maneira intuitiva, permitindo abertura à conversas e mais proximidade com a realidade complexa do processo de decisão em foco. Para a utilização do método, os autores criaram o *software* M-MACBETH, pelo qual é possível que o decisor aplique a técnica de forma simples e automatizada.

De forma geral, o processo de aplicação do MACBETH pode ser dividido da seguinte maneira: 1) definição dos critérios e das alternativas que são avaliadas. Os critérios são os fatores que influenciam a decisão, enquanto as alternativas representam as diferentes opções disponíveis; 2) o tomador de decisão compara os critérios entre si utilizando a escala qualitativa do MACBETH, resultando em uma estrutura de preferências a partir de um julgamento par-a-par; 3) após as comparações, o sistema converte os julgamentos qualitativos em valores numéricos (escala cardinal), atribuindo pontuações aos critérios e gerando pesos proporcionais a cada um no que é chamado de

Matriz de Julgamentos. Ao longo deste processo, o *software* verifica a consistência dos julgamentos para garantir que não haja contradições de forma automática, um diferencial importante desta abordagem. Caso sejam detectadas inconsistências, o sistema solicita ao decisor uma reavaliação de suas escolhas; 4) com os pesos definidos, o próximo passo é analisar o desempenho de cada opção com base nos critérios estabelecidos, a partir da geração de suas classificações de acordo com as pontuações globais geradas pelo modelo, considerando os pesos dos critérios e as comparações qualitativas informadas. A alternativa mais otimizada é aquela com a maior pontuação, considerando os pesos dos critérios e as comparações qualitativas informadas; 5) por fim, o decisor pode aplicar a análise de sensibilidade entre as alternativas, onde o decisor pode testar como variações nos pesos dos critérios impactam o resultado final, para buscar conclusões mais robustas [Bana e Costa e Vansnick 2012].

Em comparação às outras abordagens MCDM, o MACBETH se destaca por diminuir a carga cognitiva do decisor e evitar a dificuldade de decisões de lidar com números precisos, abrindo espaço para um processo de decisão mais social e não somente baseado em dados [Bana e Costa et al. 1999]; contexto que é possível afirmar ser mais próximo da realidade em um processo e análise de decisão. Isso torna o MACBETH uma abordagem mais amigável e acessível, interativo e flexível, mas ainda mantendo a precisão necessária em uma análise multicritério.

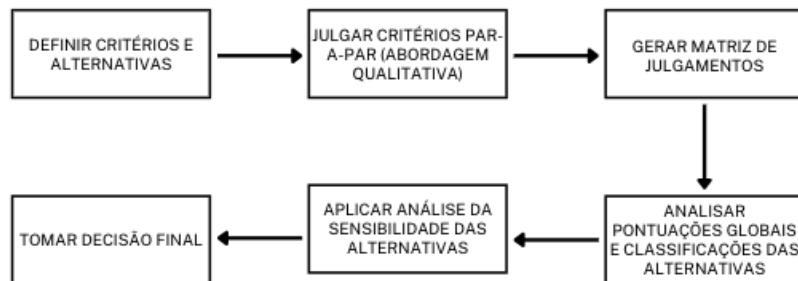


Figura 2. Fluxograma de fases gerais da abordagem MACBETH
Fonte: Adaptado de Bana e Costa, De Corte & Vansnick, 2012

3. A proposta de um modelo MCDM para a escolha de uma metodologia ágil para gestão de projetos de software

A fase de planejamento da estratégia de gestão de projetos é um momento crítico que pode determinar o sucesso ou o fracasso de um empreendimento de software. As decisões tomadas nesta fase inicial impactam diretamente a eficiência, eficácia e a capacidade de entrega dos projetos, influenciando o alinhamento com os objetivos organizacionais, a definição do escopo, a alocação de recursos e a gestão de riscos. Não somente nesses aspectos, mas a estratégia escolhida também pode interferir em como a cultura de gestão de projetos será conduzida ou até mesmo implementada; tendo em vista que o coletivismo é, assim como os mencionados anteriormente, um fator muito importante no quesito êxito em um projeto de TI [Mancini, Prado & Brum 2017].

Nesse contexto, as metodologias de gestão ágil têm se mostrado excepcionalmente eficazes para esses objetivos, permitindo maior flexibilidade, colaboração e rapidez na entrega de valor. No entanto, a vasta gama de opções disponíveis e os diferentes modos de aplicação tornam a escolha da metodologia mais adequada um desafio significativo para as lideranças da área de projetos que atuam no mercado, que são os responsáveis por essa decisão. Cada opção, seja Scrum, Kanban, XP ou outra, possui suas próprias características, vantagens e limitações e a escolha do melhor método não pode se basear apenas em parâmetros simples como orçamento e tamanho do projeto; nesse processo é necessário considerar uma variedade de fatores qualitativos e quantitativos, como a complexidade do projeto, a cultura da equipe, os requisitos específicos do cliente, citando alguns exemplos. Desta forma, a abordagem MCDM surge como uma solução robusta para auxiliar profissionais e líderes de projetos de software nesse desafio, oferecendo uma abordagem que permite a avaliação sistemática e estruturada de várias alternativas, incorporando múltiplos critérios que podem ser conflitantes. Com MCDM, é possível considerar todos os aspectos relevantes na escolha da metodologia ágil, desde a facilidade de uso e escalabilidade até o suporte à infraestrutura e a compatibilidade com a dinâmica do time.

A proposta de um modelo MCDM específico para a escolha de metodologias de gestão ágeis não apenas ajuda os profissionais de TI a tomar decisões melhores, mas também enriquece o mercado e promove o desenvolvimento do conhecimento na área de processos de decisão, principalmente no que diz respeito à área de tecnologia, onde a complexidade e a velocidade das mudanças são constantes e tomar decisões informadas e estratégicas é crucial para o sucesso das empresas. Ferramentas e metodologias robustas de decisão permitem uma melhor alocação de recursos, escolha de tecnologias e gerenciamento de riscos, resultando em uma execução mais eficiente e eficaz de projetos e estratégias.

Neste estudo, a adequação das metodologias ágeis para gestão de projetos foi avaliada de acordo com a proposta de análise MCDM, e o método MACBETH foi utilizado nesse processo avaliativo. Com isso, o objetivo foi buscar a opção de método ágil mais apropriado, mais atrativo, para um projeto de software tendo em vista o modelo proposto.

4. Metodologia

A metodologia da análise proposta no estudo é, em síntese, apresentada na Figura 3, consistindo de um esquema representativo das etapas realizadas para esse trabalho.

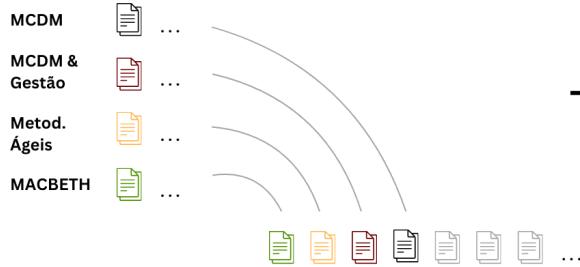
A primeira etapa consistiu em uma coleta de informações com o objetivo de fomentar o cenário em que o estudo está presente, definindo as motivações do contexto apresentado e agrupando conhecimento e referências bibliográficas relevantes em 4 grupos: MCDM, MCDM aplicada à gestão, metodologias ágeis de gestão de projetos de software e MACBETH. Paralelamente a isso, foi possível identificar critérios comumente utilizados no processo estratégico de decisão no qual o trabalho tem foco.

Em uma segunda etapa, foi possível consultar alguns profissionais especialistas da área de gestão de projetos de software para compreender ainda mais, e na prática, o contexto da questão e o nível de impacto que o estudo proposto pode ser percebido por este grupo, identificando com mais clareza o objetivo do mesmo; e aplicar um processo de questionários *online* utilizando o método Delphi [Duarte e Piffer 2020], os quais foram propostos nessa metodologia com o objetivo de recolher as informações necessárias: identificar e validar os critérios qualitativos ou quantitativos para avaliação de metodologias ágeis e a avaliação par-a-par da preferência ou atratividade entre os critérios identificados.

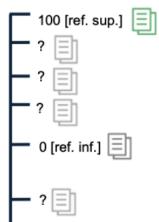
A etapa seguinte diz respeito à aplicação propriamente dita da metodologia escolhida para a análise proposta de metodologias de gestão ágeis de projetos com base em análise de multicritérios qualitativos, recorrendo, para tal, à abordagem MACBETH. Este método "caracteriza-se por permitir a obtenção de uma escala cardinal de preferências (ou valor relativo) tendo como base a atribuição de julgamentos semânticos de diferença de atratividade entre pares de opções" [Bana e Costa, De Corte & Vansnick 2012] e suas vantagens para o processo de análise da escolha de métodos de gestão se apresentam em sua vertente sócio-técnica, que "combina elementos técnicos da análise multicritério com aspectos sociais de *decision conferencing*" [Bana e Costa, Angulo-Meza & Oliveira 2013] criando o que é chamado de matriz de julgamentos. A abordagem processual do uso do MACBETH neste trabalho está mais detalhada no decorrer da seção 7.

A etapa final consiste na apresentação dos resultados percebidos pela aplicação do método utilizando o M-MACBETH, demonstrando os valores de pontuação e termômetro de valores das alternativas e descrevendo a análise multicritério proposta de escolha de metodologia ágil de gestão levando em consideração os dados coletados dos especialistas em um contexto geral de projetos de software e realizando a aplicação da mesma análise e abordagem em dois projetos reais aplicação do modelo em um conjunto de projetos de software reais para demonstrar os resultados da análise proposta.

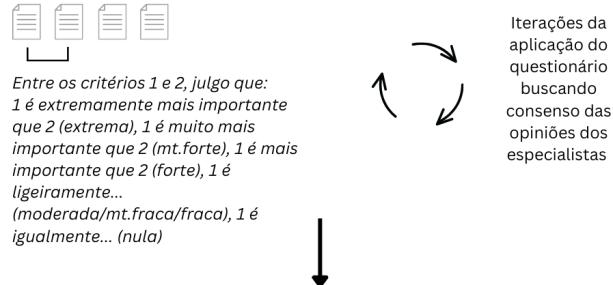
Fase 1 - Coleta de informação e estudo bibliográfico sobre os temas contextuais do trabalho, separando as referências em grandes grupos



Fase 4 - Obtenção das pontuações das opções e suas comparações através do M-MACBETH



Fase 2 - Aplicação de questionários com o método Delphi para validar e identificar critérios e coletar julgamentos par-a-par da atratividade entre critérios



Fase 3 - Introdução da análise de julgamentos na matriz de julgamentos no M-MACBETH

	[ref. sup.]	2	3	4	[ref. inf.]
[ref. sup.]	*	*			
2		*			
3			*		
4				*	
[ref. inf.]					

(*) Julgamentos MACBETH:
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt.fraca
nula

Figura 3. Representação esquemática da metodologia aplicada, sintetizando os passos necessários para a análise da escolha de metodologias de gestão de projetos com base na abordagem de multicritério

Fonte: Produzida pela autora

5. Aplicação da abordagem multicritério com o método MACBETH

Essa seção é dedicada a apresentar a abordagem MACBETH utilizada para a criação e geração do modelo para a escolha da metodologia de gestão de projetos de *software* neste estudo. Nas duas primeiras seções são apresentados os critérios selecionados para o processo de decisão e as opções de metodologias de gestão de projetos identificadas para o modelo e suas evidências no sistema M-MACBETH. Em seguida, é apresentado o processo utilizado para a coleta das avaliações qualitativas dos especialistas selecionados e sua configuração no sistema que gerou o modelo. Por fim, é apresentado o apuramento da aplicação da abordagem MACBETH, com os resultados gerados pelo M-MACBETH com leitura de gráficos e sensibilidade do ranking das alternativas.

5.1. Definição dos critérios e construção da árvore de valor

Após a definição do problema e do objetivo deste trabalho, é necessário identificar critérios. A identificação de critérios para selecionar um método de gestão de projeto é um desafio devido à quantidade e complexidade de variáveis que podem e precisam ser consideradas ao gerenciar um projeto de software. Ao observar, analisar e experienciar projetos de tecnologia é possível encontrar diferentes características que dificultam padronizações de gerenciamento e consequentemente traz a necessidade de compreender que projetos, mesmo que muito semelhantes,

podem solicitar abordagens de gestão diferentes. Porém, independente de características, projetos de software são avaliados e planejados utilizando os mesmos critérios. Alguns critérios foram identificados durante o estudo, porém para a aplicação do método foram selecionados 3 grupos de critérios e 5 subcritérios deste conjunto. Eles foram identificados através de estudo bibliográfico relativo à gestão de projetos de tecnologia e confirmados sobre veracidade e realidade através de entrevistas com profissionais desta área, com cargos variados entre gerente de projetos, agile master, gerente de delivery, agile manager e head de projetos.

A primeira fase do método MACBETH compõe a identificação dos critérios e a hierarquização dos mesmos, através do que é chamado de *value tree*, ou árvore de valor, que oferece uma útil visualização geral da estrutura dos pontos de vista [Bana e Costa, De Corte & Vansnick 2003]. A Figura 4 apresenta a árvore de valor dos critérios levantados através de pesquisa bibliográfica sobre gerenciamento de projetos de software e como tomar decisões sobre as metodologias e através de questionários com especialistas da área de gestão, que sugeriram outros critérios que o grupo entendeu que fazia parte da decisão em âmbito real. Ainda com relação a imagem, estão identificados em vermelho os critérios selecionados para o estudo. A quantidade de critérios foi limitada devido à versão do software M-MACBETH utilizada neste trabalho, que é a versão gratuita e acadêmica (Demo), a qual permite apenas um número restrito de critérios por modelo. Assim, em alinhamento com os especialistas envolvidos no estudo, a escolha dos critérios identificados foi feita com base no fato de serem considerados os 'mínimos' necessários para o processo de decisão em questão. Isso não significa que sejam mais ou menos importantes que os outros critérios mencionados abaixo, mas sim que foram vistos como os mais 'óbvios' a serem considerados em qualquer cenário na escolha de uma metodologia ágil para gestão de projetos de software.

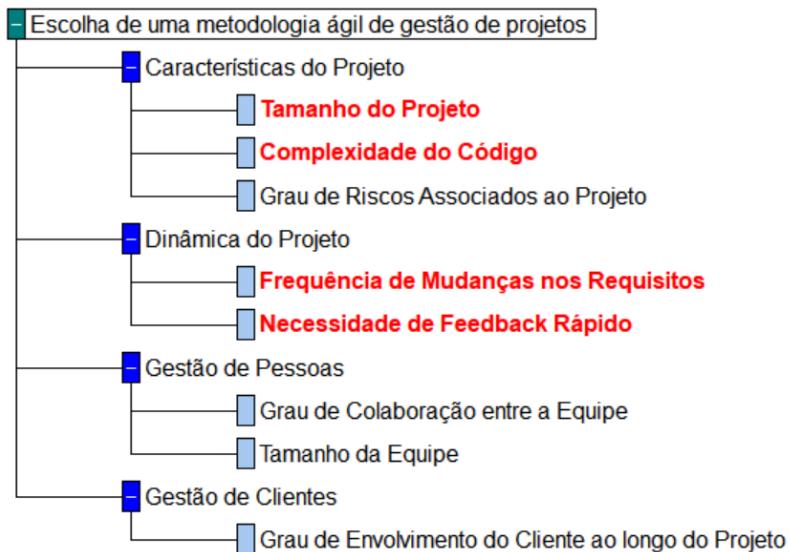


Figura 4. Árvore de valor dos critérios identificados gerada pelo M-MACBETH, com identificação em vermelho, dos critérios utilizados no estudo

Além disso, foi estabelecido os descriptores destes critérios para identificação descritiva que deu base aos níveis de performance considerados nas alternativas e em relação a cada critério, como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1. Descriptores dos critérios selecionados

Critérios	Descriptores
Tamanho do Projeto	Mede a quantidade de trabalho ou módulos no projeto ou funcionalidades necessárias para o produto em suas complexidades
Complexidade do Código	Avalia a dificuldade técnica, a estrutura e nível de manutenção do código
Frequência de Mudanças nos Requisitos	Avalia com que frequência os requisitos do projeto mudam durante o processo de desenvolvimento
Necessidade de Feedback Rápido	Avalia a urgência e importância de obter feedback imediato para iterar e melhorar o projeto, por fonte interna e/ou externa

Fonte: Produzida pela autora

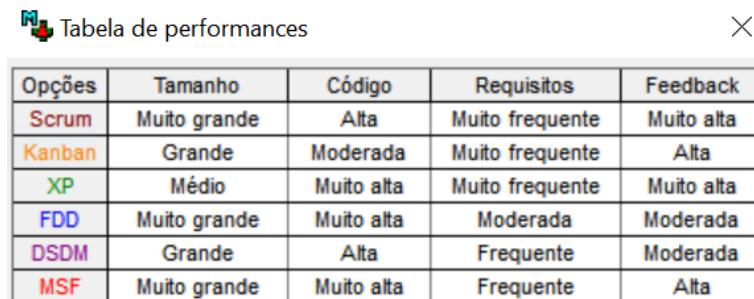
5.2. Identificação das alternativas

Para o presente trabalho, algumas metodologias ágeis específicas foram levadas em consideração como possibilidades, alternativas, no processo decisivo apresentado e na análise proposta. Elas foram selecionadas pelo alto índice de utilização no mercado atual, quando do contexto de gestão de projetos de software. Desta forma, as metodologias consideradas no trabalho foram:

- Scrum: É uma metodologia ágil que foi criada na década de 1990 por Ken Schwaber e Jeff Sutherland [Schwaber e Sutherland 2017] e hoje é uma das mais utilizadas no mercado de tecnologia da informação. Ela foi estruturada para enfrentar a complexidade no desenvolvimento de software, proporcionando um framework onde times autogeridos podem iterar e entregar incrementos de produto de forma regular e previsível. O Scrum é caracterizado por períodos curtos de entrega (sprints) e ciclos de feedback constante, promovendo a colaboração contínua entre as partes interessadas.
- Kanban: Originado no Japão na Toyota nos anos 40, essa ferramenta foi adaptada para o desenvolvimento de software por David J. Anderson [Anderson 2010]. O Kanban foi criado para melhorar a eficiência do sistema de produção, utilizando cartões visuais para gerenciar o fluxo de trabalho de valor (metodologia de gestão à vista) e limitação de work-in-progress (itens em andamento) de um sistema puxado [Scrum.org 2021]. No desenvolvimento ágil, ele é usado para otimizar o fluxo de tarefas, limitando o trabalho em progresso e promovendo melhorias contínuas no processo .
- Extreme Programming (XP): O XP foi criado por Kent Beck no final dos anos 90 como resposta à necessidade de desenvolver software de alta qualidade em ambientes de constante mudança [Beck 2004]. XP foca em práticas técnicas rigorosas, como programação em pares, testes automatizados e integração contínua, visando entregar software funcional rapidamente e com menos defeitos.
- Feature Driven Development (FDD): Criado em 1997, o FDD é uma metodologia ágil que enfatiza o design e o desenvolvimento orientados por funcionalidades [Pacheco 2009]. Ela surgiu como uma solução para grandes projetos que precisavam de uma abordagem incremental, onde cada funcionalidade é desenvolvida em pequenos ciclos, garantindo entregas rápidas e constantes, assim como outras abordagens ágeis que surgiram na mesma época.
- Dynamic Systems Development Method (DSDM): Esta metodologia foi criada por várias organizações em colaboração como uma resposta à necessidade de uma abordagem ágil e estruturada para projetos de tecnologia da informação. O DSDM é centrado no princípio de que os projetos devem entregar resultados dentro de prazos e orçamentos limitados, utilizando o desenvolvimento incremental e iterativo com um forte envolvimento do cliente [Texeira et al 2005].
- Microsoft Solution Framework (MSF): O framework foi criado pela Microsoft nos anos 90 com o intuito de fornecer uma coleção de melhores práticas, princípios e modelos para desenvolvimento de *software* e gestão de projetos, se adaptando a realidade empírica da engenharia de software ao longo dos últimos anos [Cardim 2006]. MSF se apresenta como uma opção flexível e pode ser adaptado para diferentes tipos de projetos, suportando tanto metodologias ágeis

quanto tradicionais, e enfatiza a importância de equipes multidisciplinares e uma comunicação clara.

Estas alternativas foram devidamente registradas no software M-MACBETH, juntamente com as consideradas performances de cada opção em quesito de cada critério (Figura 5).



The screenshot shows a software window titled "Tabela de performances". The table has five columns: "Opções", "Tamanho", "Código", "Requisitos", and "Feedback". The rows represent different software development methodologies: Scrum, Kanban, XP, FDD, DSDM, and MSF. The data is as follows:

Opções	Tamanho	Código	Requisitos	Feedback
Scrum	Muito grande	Alta	Muito frequente	Muito alta
Kanban	Grande	Moderada	Muito frequente	Alta
XP	Médio	Muito alta	Muito frequente	Muito alta
FDD	Muito grande	Muito alta	Moderada	Moderada
DSDM	Grande	Alta	Frequente	Moderada
MSF	Muito grande	Muito alta	Frequente	Alta

Figura 5. Tabela de performances no M-MACBETH

5.3. Ponderação qualitativa e construção da matriz de julgamentos

De acordo com a abordagem MACBETH, após a definição dos critérios a serem utilizados no processo de decisão, sua estruturação na árvore de valor, e a identificação das opções de escolha; é necessário realizar duas ações: 1) uma avaliação intra-critério com base em julgamento de diferença de atratividade entre os níveis de performance, em cada critério individualmente, o que depois de devidamente configuradas no sistema M-MACBETH, dão origem as pontuações parciais dos níveis nos critérios; 2) a ponderação entre inter-critérios, com base em julgamentos qualitativos sobre a atratividade entre os critérios, o que no M-MACBETH, dão origem a pontuações globais para cada opção de decisão, que são calculadas através de uma soma ponderada das pontuações parciais.

A coleta destas avaliações foi realizada através da distribuição de questionários *online* e para a busca pelo consenso de decisão sobre as avaliações, foi utilizado o método Delphi. Em geral, o método tem como objetivo atingir consenso sobre tópicos de discussão complexa, através de julgamento intuitivos, a fim de obter opiniões qualitativas sobre o um assunto tendo, também, a função de diminuir as disparidades entre opiniões buscando um nível de consenso entre o grupo de especialistas que é selecionado e reunido para discutir sobre a questão levantada [Duarte e Piffer 2020]. Algumas outras características da técnica são:

- Os especialistas são anônimos;
- A possibilidade de enviar o formulário de forma iterativa, gerenciando feedbacks das opiniões entre as rodadas e estatísticas das respostas;

- É possível obter estatísticas quantitativas das informações qualitativas que são trocadas durante o processo através do que é denominado de grau de concordância.

Para este trabalho, foi reunido um painel de especialistas constituído de 10 profissionais com cargos entre Gerente de Projetos, Delivery Managers, Agile Masters e Scrum Master com uma média de mais de 10 anos de experiência em posições diretamente relacionadas à tomada de decisão e estratégia relativa à gestão de projetos. Foi considerado que este grupo representaria um órgão, área ou setor, o que geraria um portfólio fictício de projetos com vários profissionais em gestão de projetos cada um com seu(s) respectivo(s) projeto(s) de software, fomentando um perfil geral dos tipos de projetos com os quais este setor representativo trabalha e com o propósito de utilizar a abordagem e análise multicritérios para entender quais metodologias ágeis seriam mais aderentes ao perfil deste portfólio de projeto.

O questionário de julgamento foi criado com 3 partes presentes: 1) uma introdução, com a apresentação dos critérios a serem julgados e os níveis de performance qualitativos, bem como a coleta de informações sobre os especialistas, como cargos e tempo de atuação no mercado; 2) a apresentação das questões de julgamentos de diferença da atratividade entre níveis de performance dos critérios. Por exemplo: Para o critério de Tamanho do Projeto, foi definido os níveis de performance de *Muito grande* (Nível qualitativo: Projeto com um grande número de módulos e funcionalidades complexas), *Grande* (Nível qualitativo: Projeto com vários módulos, mas de complexidade mediana), *Médio* (Nível qualitativo: Projeto com uma quantidade moderada de módulos e funcionalidades), *Pequeno* (Nível qualitativo: Projeto com poucos módulos e funcionalidades simples) e *Muito pequeno* (Nível qualitativo: Projeto com poucas funcionalidades e simplicidade no código). Deles os especialista poderia avaliar que a diferença é: Extrema, Muito forte, Forte, Moderada, Fraca, Muito fraca ou Nula, e neste contexto o grupo de especialistas julgaram que a diferença de atratividade em um projeto muito grande e um projeto grande é fraca e que um projeto grande e um projeto médio possuem diferença entre fraca e moderada; 3) os julgamentos de atratividade entre os critérios selecionados no processo de decisão tema no estudo. Aqui, foi solicitado que os especialistas se imaginasse na posição e momento estratégico de tomar a decisão relativa a qual metodologia ágil de projetos utilizar e então as questões foram apresentadas de forma a citar os pares dos critérios critérios selecionados, X e Y, e as opções de julgamentos equivalentes aos existentes no M-MACBETH, como por exemplo: "Levando em consideração os critérios X e Y, julgo que: X é extremamente mais importante que Y (Julgamento MACBETH: *extrema*) ou X é muito mais importante que Y (Julgamento MACBETH: *mt. forte*) ou X é mais importante que Y (Julgamento MACBETH: *forte*) ou X é ligeiramente mais importante que Y (Julgamento MACBETH: *moderada, fraca* ou *int. fraca*, a depender dos comentários) ou X é igualmente importante que Y (Julgamento MACBETH: *nula*)". Opções levando em consideração que o segundo critério do par, Y, foram adicionadas as questões para representar os casos em que Y é mais atrativo que X para os especialistas. Este formato foi utilizado em todos os pares de critérios. Foi aplicado um total de 3 iterações ou rodadas do questionário de julgamentos, com o objetivo de alcançar um grau de concordância. Para isso, entre as iterações foi aplicado o compartilhamento e

transparência dos votos e comentários realizados entre os especialistas, de forma anônima, assim como é solicitado pela técnica Delphi. Além disso, pelo limite de tempo de estudo, foi considerado um grau de concordância satisfatório de no mínimo 60% para que um julgamento fosse considerado como consenso, levando em consideração também os comentários feitos pelos especialistas para a configuração dos julgamentos no M-MACBETH em caso de divergências nas primeiras iterações.

Após esta etapa, foi realizada a inserção das avaliações dos níveis de performance dos critérios e das comparações par-a-par qualitativas coletadas pelo questionário, no sistema M-MACBETH. O sistema converte esses julgamentos qualitativos em escalas cardinais de atratividade ou valor relativo, pontuações. Para as entradas na matriz para as quais nenhum julgamento de diferença de atratividade foi atribuído ao par de critérios, o M-MACBETH atribui como julgamento uma diferença de atratividade “positiva”, o que significa que para este par o tipo de avaliação disponível é apenas ordinal [Bana e Costa, De Corte e Vansnick 2012]. À medida que os julgamentos qualitativos são introduzidos na matriz de julgamentos, o software testa automaticamente a sua consistência com os restantes julgamentos já introduzidos, e sempre que é encontrada uma inconsistência identifica a origem do problema e oferece sugestões para eliminá-lo tendo em conta o menor número de modificações necessárias, como é possível observar na Figura 6, onde na comparação entre os critérios de *Feedback* e *Código*, o julgamento original pelos especialistas foi nula, porém o sistema identificou inconsistência com esse julgamento e sugeriu a alteração do julgamento para mt. fraca. A sugestão de alteração foi pareada com os comentários qualitativos realizados pelos especialistas com relação a este par e foi devidamente aceita pelo painel antes de sofrer a alteração no M-MACBETH.

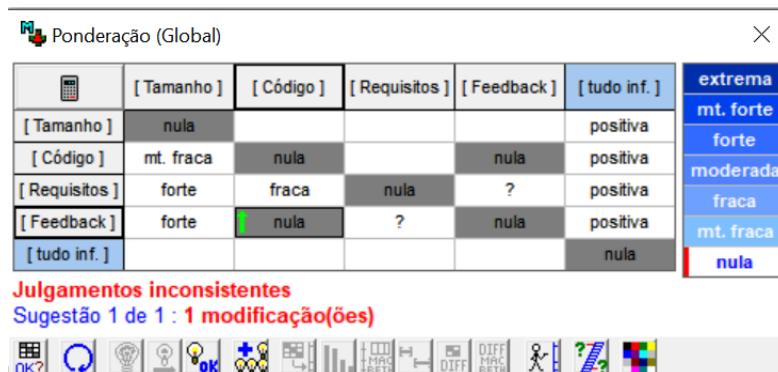


Figura 6. Sugestão de modificação apresentada pelo M-MACBETH após identificação de inconsistência de julgamento

Com isso, foi possível gerar as pontuações parciais dos níveis de performance de cada critério (Figuras 7a e 7b apresentam o caso do critério *Tamanho do Projeto*) e gerar as pontuações globais de cada opção a partir das pontuações parciais dos critérios, o que constitui a chamada matriz de julgamentos (Figura 8).

 Tamanho do Projeto 

	Muito grande	Grande	Médio	Pequeno	Muito pequeno	Escala actual	extrema
Muito grande	nula	fraca	moderada	mt. forte	positiva	100.00	mt. forte
Grande		nula	frac-mod	fort-mfort	extrema	83.33	forte
Médio			nula	forte	mt. forte	66.67	moderada
Pequeno				nula	frac-mod	25.00	fraca
Muito pequeno					nula	0.00	mt. fraca
Julgamentos consistentes							nula
             							

Figura 7.a. Matriz de julgamentos dos níveis de performance do critério Tamanho do Projeto

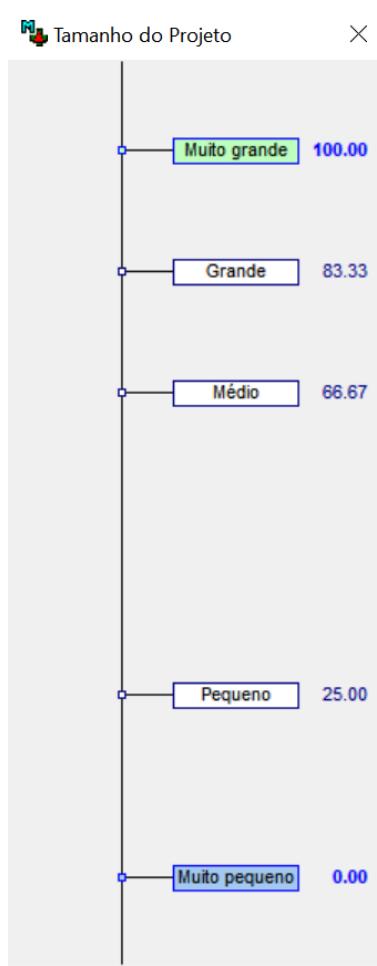


Figura 7.b. Termômetro dos níveis de performance do critério Tamanho do Projeto com representação em escala das pontuações parciais do critério

Ponderação (Global)

	[Requisitos]	[Feedback]	[Código]	[Tamanho]	[tudo inf.]	Escala actual	extrema
[Requisitos]	nula	mt. fraca	mt. fraca	forte	positiva	39.13	mt. forte
[Feedback]		nula	mt. fraca	forte	positiva	34.78	forte
[Código]			nula	mt. fraca	positiva	21.74	moderada
[Tamanho]				nula	positiva	4.35	fraca
[tudo inf.]					nula	0.00	mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Figura 8. Matriz de julgamentos com a ponderação dos critérios para a escolha de uma metodologia ágil de gestão de projetos

5.4. Análise dos resultados e avaliação das alternativas pelo M-MACBETH

Na Figura 9a é possível observar as pontuações globais das opções de metodologias ágeis de gestão de projetos levando em consideração os critérios selecionados e os julgamentos qualitativos inseridos no sistema. As pontuações de referência escolhidas como referência superior foi o valor 100 e referência inferior o valor 0, e os pesos de cada critério para a tomada de decisão foi definida automaticamente pelo *software* ao criar a matriz de julgamentos. É possível observar com mais clareza a ordem de pontuações entre as referências superiores e inferiores na representação em escala, na Figura 9.b.

Tabela de pontuações

Opções	Global	Tamanho	Código	Requisitos	Feedback
Scrum	93.48	100.00	70.00	100.00	100.00
Kanban	79.91	83.33	40.00	100.00	81.82
XP	98.55	66.67	100.00	100.00	100.00
FDD	62.85	100.00	100.00	45.45	54.55
DSDM	69.83	83.33	70.00	81.82	54.55
MSF	86.56	100.00	100.00	81.82	81.82
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.0435	0.2174	0.3913	0.3478

Figura 9.a. Pontuações globais das opções de metodologias ágeis

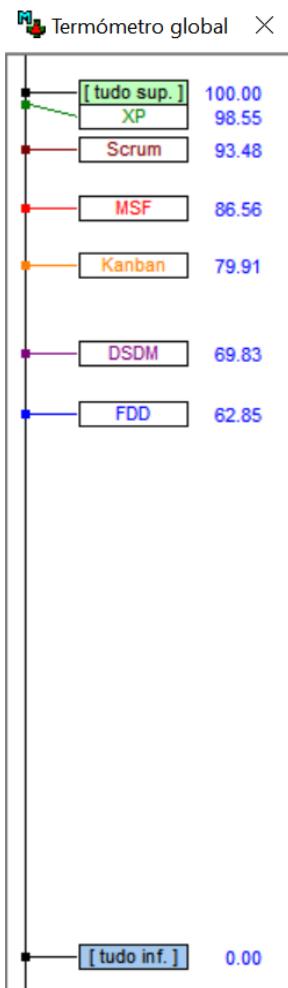


Figura 9.b. Termômetro global das opções de metodologias ágeis

Avaliando as alternativas (metodologias ágeis) em relação a cada critério usando os descritores definidos, os julgamentos realizados pelos especialistas e a inserção de informações no sistema, é possível verificar que a metodologia mais adequada a ser escolhida é a XP, demonstrando que o perfil médio do portfólio fictício liderado pelos especialistas de projetos de software são de projetos de tamanho médio, talvez até mesmo médio-grande, possuem complexidade de código significativa, os requisitos mudam constantemente e exigem adaptação constante e há uma necessidade de feedback contínuos para garantir o máximo de alinhamento entre os envolvidos. A performance desta opção no ranking foi resultado da conquista de pontuações máximas em todos os três critérios de maior peso, o que não foi significativamente impactado pelo fato da alternativa XP ter alcançado a menor pontuação no critério *Tamanho do Projeto* entre todas as alternativas, por este ser, conforme a Matriz de Julgamento, o critério de menor peso (4.35%) no modelo de decisão multicritério gerado pelo M-MACBETH.

No intuito de evitar a possibilidade de uma decisão precipitada analisando apenas a tabela de pontuações globais, é possível analisar o domínio de uma alternativa sobre a outra através de variados recursos gráficos oferecidos pelo M-MACBETH.

Nesse contexto, para o presente estudo, foi utilizado o gráfico de análise de sensibilidade no peso (Figura 9).

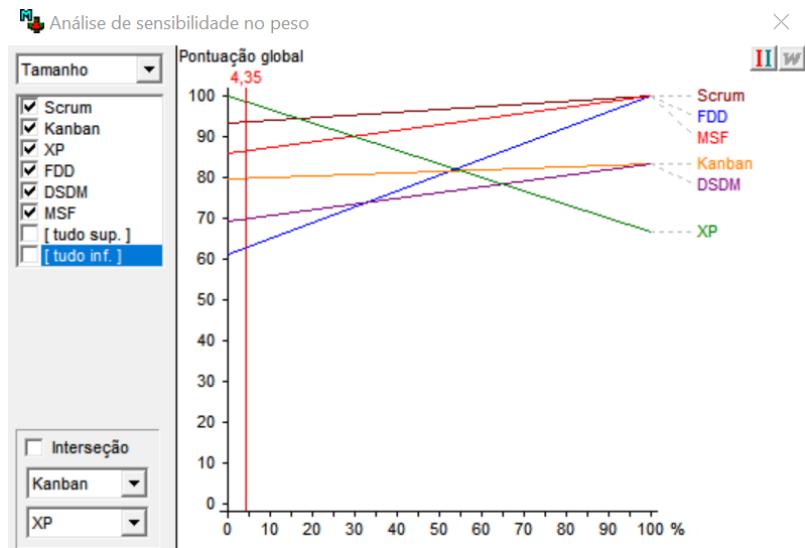


Figura 9. Gráfico de análise de sensibilidade no peso gerado pelo M-MACBETH no contexto do critério Tamanho do Projeto

Com este recurso é possível observar e analisar a estabilidade das alternativas quando os pesos atribuídos aos critérios mudam. Como por exemplo, com relação ao critério de *Tamanho do Projeto*, o gráfico mostra que ao ponto em que o peso do critério do tamanho do projeto aumenta, a opção XP se torna menos relevante como opção e seu ranking decai na tabela de pontuações, se apresentando de forma diferente da opção Scrum no mesmo cenário, visto que pelo gráfico quanto maior a relevância do critério de Tamanho para a decisão, mais adequado o Scrum pode ser neste quesito; sendo assim, caso o perfil dos projetos, apesar de apresentar um perfil geral atual de tamanhos medianos, acabe pendendo mais para um tamanho médio-grande, a opção Scrum também poderia ser escolhida, ao invés da XP. Já para o critério de *Complexidade de Código*, onde no modelo apresentado possui um peso de quase 22% na escolha da metodologia mais adequada, é possível averiguar que XP e DSDM (Dynamic Systems Development Method) são alternativas mais estáveis com relação ao critério analisado, pois praticamente não perdem relevância no ranking de pontuações com a diminuição ou aumento do peso do critério na decisão final (Figura 10).

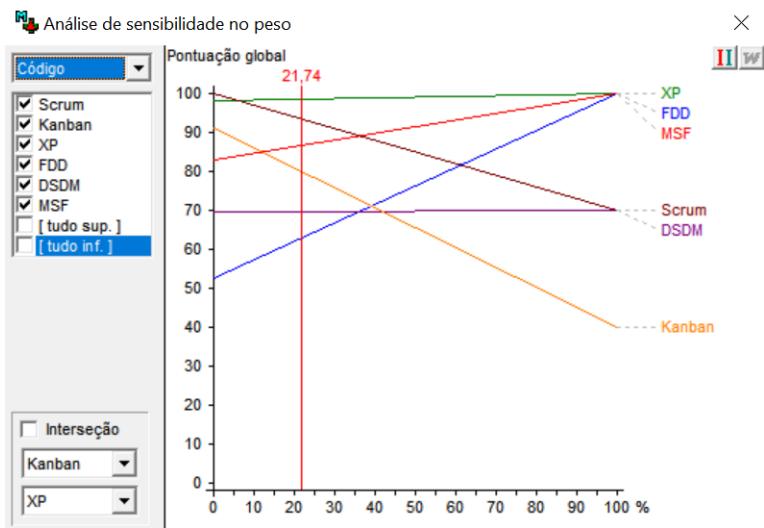


Figura 10. Gráfico de análise de sensibilidade no peso gerado pelo M-MACBETH no contexto do critério Complexidade do Código

Análises detalhadas, como a apresentada, são fundamentais para garantir uma tomada de decisões mais informada e alinhada às características específicas de cada projeto. O processo de decisão multicritério não só se mostra essencial nesse contexto, mas o método MACBETH, com suas ferramentas de suporte à análise gráfica, como os gráficos de análise de sensibilidade no peso e outros recursos oferecidos pelo M-MACBETH, permitem uma visualização clara da influência de cada critério nas alternativas analisadas, facilitando a identificação de soluções ótimas e garantindo que o processo de escolha seja robusto e bem fundamentado. Além disso, a abordagem favorece a tomada de decisão estratégica, permitindo uma adequação contínua à realidade e às mudanças constantes dos projetos ágeis através de uma ferramenta de fácil usabilidade, que pode aprimorar a qualidade das decisões, especialmente em contextos de incerteza e adaptação frequente.

6. Aplicação da análise proposta para um projeto de software

O objetivo desta seção é apresentar a aplicação do modelo proposto e analisado anteriormente no contexto de um projeto real, anônimo. Um especialista foi selecionado para prover características e informações sobre um projeto no qual estava responsável pela liderança estratégica. Neste projeto o time tem como objetivo trabalhar em uma assistente virtual para atendimento ao cliente de uma empresa de consultoria. Abaixo é apresentada uma tabela (Tabela 2) indicando estas características e informações de forma concisa, já de acordo com os critérios definidos no modelo.

Tabela 2. Características do Projeto Anônimo

Critérios	Características
Tamanho do Projeto	O projeto pode ser considerado grande, devido ao número de interações possíveis e o volume de dados linguísticos envolvidos para lidar com o usuário de forma apropriada.
Complexidade do Código	Como o projeto envolve algoritmos de NLP, machine learning e integrações com sistemas de backend, o código é complexo e pede esforço considerável de manutenção.
Frequência de Mudanças nos Requisitos	Até o momento, o projeto têm sofrido mudanças relativamente frequentes conforme novos dados de interação são coletados e em alguns casos isso solicita implementação de melhorias.
Necessidade de Feedback Rápido	Neste projeto é considerado essencial, pois é através dos feedbacks de stakeholders e usuários que o time pode ajustar a IA e melhorar a interação com os usuários.

Fonte: Produzida pela autora

No M-MACBETH foi criado um modelo, ou ficheiro como é a denominação no *software*; um para cada projeto. Seguindo a mesma abordagem apresentada na seção anterior, os critérios foram comparados par-a-par e ponderados de acordo com a realidade do projeto (Figura 11), por exemplo, a complexidade do código é relativamente mais relevante em sua realidade por envolver processos de desenvolvimentos de IA, machine learning e grandes integrações de *back-end*, mas também há concepção da importância primordial de uma alta frequência de feedback, pois o ajuste contínuo e rápido da aplicação através de feedbacks dos stakeholders e usuários é vital para manter a qualidade do atendimento pela IA.

Por fim, na geração das tabelas de pontuações do modelo foi apresentada a opção Scrum como a mais adequada para o Projeto Anônimo, como é possível observar no termômetro de ranking na Figura 12.

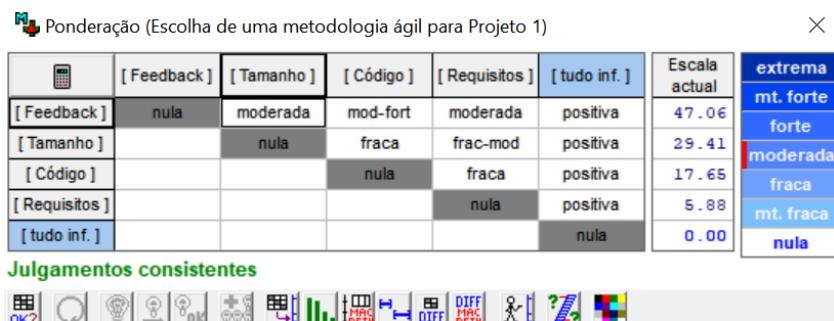


Figura 11. Matriz de julgamentos com a ponderação dos critérios para a escolha de uma metodologia ágil de gestão de projetos para o Projeto Anônimo

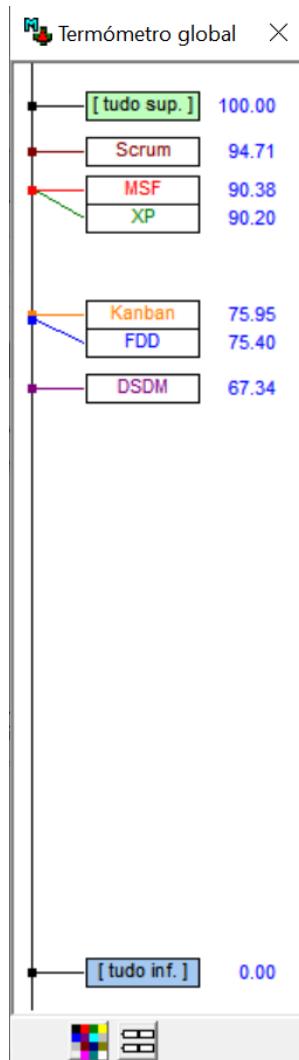


Figura 12. Termômetro global das opções de metodologias ágeis para o Projeto Anônimo

O Projeto Anônimo atualmente utiliza a metodologia Scrum, o que pela entrega do M-MACBETH, é realmente a opção mais adequada para a realidade deste projeto, mostrando que o especialista está no caminho certo. Porém, realizando uma análise qualitativa dos resultados gerados pelo M-MACBETH, é possível afirmar também que as alternativas MSF e XP também poderiam ser apropriadas para o projeto ou até mesmo a consideração de que a aplicação destas duas metodologias podem fluir durante o projeto com ou sem o Scrum em certas fases: o MSF possui uma estrutura mais tradicional em relação ao *mindset* de gestão e desenvolvimento em comparação com XP, então em momentos em que essa abordagem é mais solicitada, seja pela dinâmica com o cliente ou por outros limites como uma menor necessidade de feedback do cliente, o MSF pode ser uma boa opção de metodologia única a ser utilizada ou a metodologia central juntamente ou outra, em uma adaptação (na Figura 13 é possível analisar que quanto menor o peso do critério *Necessidade de Feedback Rápido*, mais relevante é o MSF como escolha no processo de decisão e o Scrum e o XP podem perder relevância), assim como pode ocorrer o mesmo com o XP caso haja uma necessidade maior no foco da gestão do código e o projeto estiver com um escopo (tamanho) um pouco menor (na

Figura 14 é possível analisar que quanto maior o peso do critério *Complexidade do Código*, mais relevante é o XP como escolha no processo de decisão e o Scrum pode perder relevância).

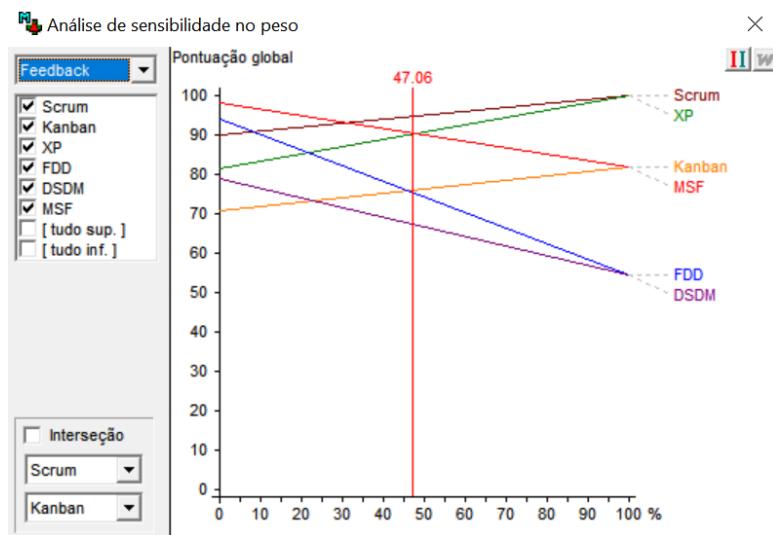


Figura 13. Gráfico de análise de sensibilidade no peso gerado pelo M-MACBETH no contexto do critério Necessidade de Feedback Rápido

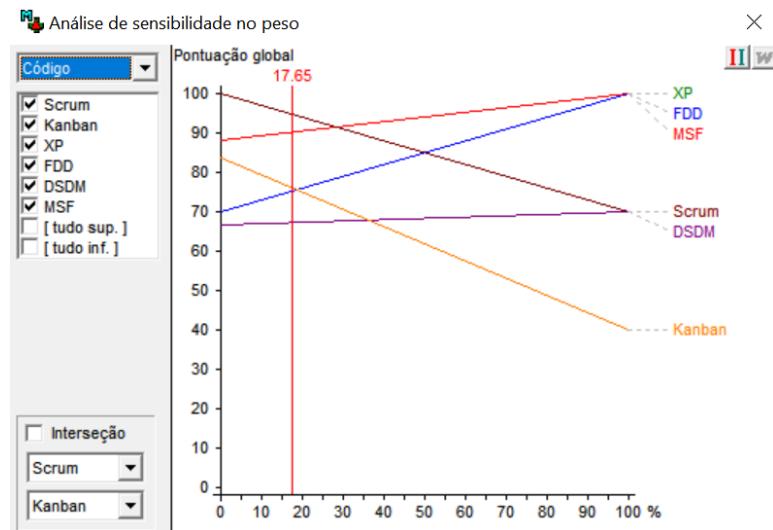


Figura 14. Gráfico de análise de sensibilidade no peso gerado pelo M-MACBETH no contexto do critério Complexidade do Código

7. Conclusão

A análise multicritério possui enorme potencial em exercer um papel essencial em ajudar os profissionais a tomar decisões mais informadas, principalmente quando se trata de contextos complexos como selecionar metodologias ágeis para gerenciar projetos de software. Neste trabalho, foi abordado como o uso de abordagens como o MACBETH podem ser utilizadas para considerar diversos critérios de forma estruturada, tornando a comparação entre alternativas de um processo de decisão mais

organizada e fácil, e ainda assim de alta qualidade. Pela aplicação da análise multicritério, é possível apresentar uma ferramenta eficiente e altamente estratégica para identificar as metodologias mais adequadas às características e demandas específicas de cada projeto.

A abordagem multicritério MACBETH e o uso do *software* M-MACBETH se destacam ao equilibrar as distintas exigências identificadas, tais como complexidade técnica, escala do projeto e a frequência de alterações nos requisitos, proporcionando uma visão mais nítida das implicações decorrentes de cada decisão aos gestores. Foi apresentado que a abordagem é uma escolha confiável para esse tipo de análise ao fornecer um modelo de decisão que se baseia em julgamentos qualitativos, permitindo que líderes de projetos ágeis comparem metodologias ágeis com critérios pertinentes e que, muitas vezes, não apresentam a possibilidade de serem medidos numericamente ou de forma exata.

O objetivo central deste trabalho foi apresentar uma opção viável para que profissionais na área mais estratégica do desenvolvimento de *softwares* possam realizar escolhas melhores fundamentadas e de forma mais facilitada. No futuro, a autora gostaria de tornar o modelo MACBETH apresentado mais robusto ao longo do tempo, estudo e mais coletas de informação através do mapeamento e da incorporação de novos critérios, em consonância com as demandas resultantes da evolução dos projetos e do mercado de software; bem como, aprimorar o processo de facilitação das avaliações a partir do teste de outras técnicas de entrevista e *decision conferencing*. Um ponto relevante é que essa abordagem pode ser implementada de forma direta nas empresas, sendo possível que o líder do departamento atue como facilitador e conduza o processo de tomada de decisão de maneira eficaz com o uso da abordagem multicritério. Será de sua responsabilidade identificar os critérios mais relevantes para a empresa e, então, proceder com uma análise para determinar quais metodologias ágeis são as mais adequadas para cada tipo de projeto utilizando o MACBETH e o M-MACBETH, ou seja, a aplicação desta abordagem em ambientes corporativos também é um objetivo da autora. Além disso, a autora também identifica o alto potencial de contribuição acadêmica que o estudo apresenta devido a escassez do tema de análise multicritério relacionada diretamente à gestão de projetos de software, ainda mais no destaque ao uso do método MACBETH para este contexto.

Ao utilizar essa abordagem de forma contínua e empírica, espera-se que ela tenha um impacto importante nos processos estratégicos das empresas, auxiliando-as a aprimorar a entrega de *softwares* e assegurando decisões estratégicas mais embasadas e eficientes sobre as metodologias de gestão de projetos de desenvolvimento de software.

Referências bibliográficas

- Agostinho, A. C. S. (2015). *Avaliação de estados de saúde recorrendo à abordagem MACBETH e comparação com o método Time Trade-Off* (Dissertação de mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Anderson, D. J. (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press.

- Bana e Costa, C. A., Angulo-Meza, L., & Oliveira, M. D. (2013). "O Método MACBETH e Aplicação no Brasil." ENGEVISTA, Vol 15 (1), p. 3-27, https://www.researchgate.net/publication/251565850_O_METODO_MACBETH_E_APPLICACAO_NO_BRASIL.
- Bana e Costa, C. A., De Corte, J.-M., & Vansnick, J.-C. (2003). "MACBETH: Overview of MACBETH multicriteria decision analysis approach." *International Transactions in Operational Research*, https://www.researchgate.net/publication/230674197_MACBETH_Overview_of_MACBETH_multicriteria_decision_analysis_approach.
- Bana e Costa, C. A., De Corte, J.-M., & Vansnick, J.-C. (2012). "Macbeth." *International Journal of Information Technology and Decision Making*, Vol 11(2), 359–387, <https://www.academia.edu/67208607/Macbeth>.
- Bana e Costa, C. A., Ensslin, L., Correia, F. N., & Vansnick, J. C. (1999). "Decision support systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process." *European Journal of Operational Research*, 113(2), 315-335, [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00219-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00219-7).
- Bana e Costa, C. A., & Vansnick, J. C. (1995). "Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH", https://www.researchgate.net/publication/266372727_Uma_nova_abordagem_ao_problema_da_construcao_de_uma_funcao_de_valor_cardinal_MACBETH.
- Bana e Costa, C. A., Oliveira, M. D., & Vansnick, J.-C. (2003). "The MACBETH Approach: Basic Ideas, Software, and an Application.", https://www.researchgate.net/publication/30529353_The_MACBETH_approach_basic_ideas_software_and_an_application.
- Barnard, C. I. (1966). "The Environment of Decision." In *The Functions of the Executive* (18^a ed., pp. 185–199). Great Britain: Oxford University Press.
- Beck, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Addison-Wesley.
- Beck, K., et al. (2001). "Manifesto for Agile Software Development.", <https://agilemanifesto.org/iso/en manifesto.html>.
- Cardim, I. C. (2006). "Avaliando o Microsoft Solutions Framework for Agile Software Development em relação ao Extreme Programming.", <https://www.cin.ufpe.br/~rvf/tg-icc2.pdf>.
- Coelho, Ciro C. (2003). *MAPS: Um Modelo para Adaptação de Processos de Software* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Cohon, J. L. (2003). *Multiobjective Programming and Planning*. New York: Dover Publications.

- Duarte, V. N., & Piffer, M. (2021). "Caracterização do Método Delphi: Aspectos Teóricos e Metodológicos", <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/slaedr/article/view/21085/19794>.
- Fernandes, B. B., Brito, G. F., Milhomem, W. C. S., & Filipakis, C. D. (2011). "Metodologia FDD Aplicada à Especificação dos Requisitos no Processo GRE do Nível G de Maturidade do Modelo MPS.BR", <http://ulbra-to.br/encointo/wp-content/uploads/2020/06/Metodologia-FDD-aplicada-a-especificac%CC%A7a%CC%83o-dos-requisitos-no-processo-GRE-do-ni%CC%81vel-G-de-maturidade-do-modelo-MPS.pdf>.
- Franklin, B. (1772). "From Benjamin Franklin to Joseph Priestley, 19 September 1772." In *The Papers of Benjamin Franklin, Vol. 19*, p. 299–300). New Haven & London: Yale University Press, <https://founders.archives.gov/documents/Franklin/01-19-02-0200>.
- Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*.
- Magalhães, L. B., Castroneves, T., Chaves, M. C. C., & Gomes, C. F. S. (2016). "Estudo de apoio à decisão: a escolha do 'Camisa 10' ideal baseado no método MacBeth.", https://www.researchgate.net/publication/304705034_Estudo_de_apoio_a_decisao_a_escolha_do_Camisa_10_ideal_baseado_no_metodo_MacBeth.
- Mancini, M., Prado, E. P. V., & Brum, R. P. (2017). "Cultura de Gerenciamento de Projetos - Percepção dos Profissionais de Sistemas de Informação." *Revista de Gestão e Projetos*, Vol 8(2), p. 1-24, <https://periodicos.uninove.br/gep/article/view/9665/pdf>.
- Martin, R. C. (2002). *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices*, <https://dl.ebooksworld.ir/motoman/Pearson.Agile.Software.Development.Principles.Patterns.and.Practices.www.EBooksWorld.ir.pdf>.
- PMI. (2021). *Guia PMBOK®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos* (7^a ed.). Pennsylvania.
- Pacheco, D. (2009). "FDD: Um Método Ágil e Eficiente.", <https://imasters.com.br/agile/fdd-um-metodo-agil-e-eficiente>.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org.
- Shahsavari, A. M., & Azad Marz Abadi, E. (2015). "The Bases, Principles, and Methods of Decision-Making: A review of literature." *IJMR*, p. 214–225, https://www.ijmedrev.com/article_68259_bec2d0c8319895a8119b8c6027fd75ad.pdf.

- Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts." *Encyclopedia*, 3, p. 77–87, <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>.
- Teixeira, D. D., Pires, F. J. A., & Pinto, J. P. G. S. (2005). "DSDM – Dynamic Systems Development Methodology.", https://www.researchgate.net/publication/237612979_DSDM_-_Dynamic_Systems_Development_Methodology.
- Triantaphyllou, E. (2000). "Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study.", https://www.researchgate.net/publication/209805531_Multi-Criteria_Decision_Making_Methods_A_Comparative_Study.
- Zionts, S. (1979). "MCDM – If not a Roman numeral, then what?" *Interfaces*, Vol 9.