



Programa de Pós-Graduação em
Computação Aplicada
Mestrado Acadêmico

Eduardo José Kieling

SMARTALLOC: Um modelo para alocação de recursos humanos em
projetos baseado em Aprendizado de Máquina

São Leopoldo, 2019

Eduardo José Kieling

**SMARTALLOC: UM MODELO PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM
PROJETOS BASEADO EM APRENDIZADO DE MÁQUINA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos — UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa

São Leopoldo
2019

K47s

Kieling, Eduardo José.

SMARTALLOC : um modelo para alocação de recursos humanos em projetos baseado em aprendizado de máquina / por Eduardo José Kieling. – 2019.

105 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2019.

“Orientador: Dr. Jorge Luis Victória Barbosa”.

1. Gestão de projetos. 2. Alocação de recursos humanos.
3. Objetivo estratégico. 4. Aprendizado de máquina. I. Título.

CDU: 004.8:65.012.2

Eduardo José Kieling

SMARTALLOC:

Um modelo para alocação de recursos humanos em projetos baseado em Aprendizado de Máquina

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 21 de março de 2019

BANCA EXAMINADORA

Sandro José Rigo – UNISINOS

Jorge Luis Victória Barbosa – UNISINOS

Leandro Krug Wives – UFRGS

Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa (Orientador)

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo,

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi
Coordenador PPG em Computação Aplicada

RESUMO

O presente trabalho apresenta o SMARTALLOC, um modelo para alocações de recursos humanos em projetos que apresenta duas contribuições que não foram encontradas em nenhum outro trabalho relacionado: a possibilidade de escolha do objetivo estratégico da empresa (custo, tempo ou qualidade) na definição de alocação dos recursos humanos; o uso de histórico de projetos e recursos humanos anteriores utilizando aprendizado de máquina para fazer as recomendações futuras. A gestão eficaz de projetos tem se tornado a cada dia mais importante e estratégica para as organizações que desejam atingir seus objetivos. Erros cometidos nas alocações de recursos humanos para realizar tarefas podem comprometer o resultado esperado do projeto. Após a realização de uma revisão sistemática sobre trabalhos que apresentassem modelos para alocações de recursos humanos em projetos, percebeu-se duas lacunas que oportunizaram o desenvolvimento de um modelo que trouxesse uma nova abordagem para a área. Um protótipo foi implementado e aplicado na avaliação por gestores de projetos de duas organizações que responderam uma pesquisa estruturada na metodologia Technology Acceptance Model (TAM), confirmando a usabilidade do SMARTALLOC. Em seguida, o cálculo de Acurácia do algoritmo de aprendizado de máquina foi medido, cujo valor ideal deve ser 1. Em 6 projetos na primeira empresa, a média foi 0,77. Na segunda empresa, a média foi 0,70 em 3 projetos. Ambos os gestores de projetos consideraram útil o modelo SMARTALLOC na alocação de recursos humanos em projetos.

Palavras-chave: Gestão de Projetos. Alocação de Recursos Humanos. Objetivo Estratégico. Aprendizado de Máquina.

ABSTRACT

The present work presents SMARTALLOC, a model for allocations of human resources in projects that presents two contributions that were not found in any other related work: the possibility of choosing the company's strategic objective (cost, time or quality) in the definition of allocation human resources; the use of project history and previous human resources using machine learning to make future recommendations. Effective project management has become increasingly important and strategic for organizations that want to achieve their goals. Mistakes made in allocating human resources to perform tasks may compromise the expected result of the project. After a systematic review of works that presented models for allocations of human resources in projects, two gaps were perceived that enabled the development of a model that would bring a new approach to the area. A prototype was implemented and applied in the evaluation by project managers of 2 organizations who answered structured research in the Technology Acceptance Model (TAM) methodology, confirming the usability of SMARTALLOC. Then, the Accuracy calculation of the machine learning algorithm was measured, whose ideal value should be 1. In 6 projects in the first company, the average was 0.77. In the second company, the average was 0.70 in 3 projects. Both project managers considered the SMARTALLOC model to be useful in allocating human resources to projects.

Keywords: Project Management. Human Resources Allocation. Strategic Objective. Machine Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As dez áreas do conhecimento do guia PMBOK.....	22
Figura 2 – Triângulo Tempo-Custo-Qualidade	24
Figura 3 – Totais de trabalhos pesquisados e filtros aplicados.....	31
Figura 4 – Estudos classificados pelo ano de publicação.....	33
Figura 5 – Quantidade de artigos organizados por tipo de publicação.....	33
Figura 6 – Classificação dos artigos por objetivo da alocação de recursos humanos em projetos	34
Figura 7 – Classificação dos artigos de acordo com pesquisa proposta	36
Figura 8 – Métodos ou técnicas utilizados nos modelos apresentados	37
Figura 9 – Mapa de distribuição dos estudos por fase abordada (eixo x) e técnicas ou métodos utilizados (eixo y).....	40
Figura 10 – Diagrama de Casos de Uso	49
Figura 11 – Diagrama de Sequência	50
Figura 12 – Arquitetura do modelo SMARTALLOC.....	51
Figura 13 – EAP de um projeto.....	52
Figura 14 – Conversão de XML para JSON	53
Figura 15 – Estrutura do banco de dados NOSQL.....	53
Figura 16 – Exemplo de atributos armazenados Projeto 1	54
Figura 17 – Representação formal dos armazenamentos de “Projeto 1”	55
Figura 18 – Exemplo de atributos armazenados em “Recurso A”	56
Figura 19 – Representação formal dos armazenamentos de “Recurso A”.....	57
Figura 20 – Exemplo de formação de histórico de projetos.....	58
Figura 21 – Exemplo de formação de histórico de Recursos	59
Figura 22 – Exemplo de atribuição de Rótulo Binário.....	60
Figura 23 – Ponderação do Objetivo Estratégico	61
Figura 24 – k-NN	62
Figura 25 – Cálculo da Distância Euclidiana.....	63
Figura 26 – Distância Euclidiana	64
Figura 27 – Recomendação de recurso Humano.....	64
Figura 28 – Separação do Conjunto de Dados	65
Figura 29 – Verificação da Acurácia	66
Figura 30 – Cálculo da Acuracidade.....	67
Figura 31 – Exemplo do Consolidado Módulo Recomendação.....	68
Figura 32 – Tela inicial para o gerente de projetos	71
Figura 33 – Tela de adição de projetos.....	72
Figura 34 – Tela de seleção de objetivo estratégico	72
Figura 35 – Tela de alocação dos recursos humanos.....	73
Figura 36 – Tela de alocação manual	74
Figura 37 – Tela de tarefas do projeto.....	74

Figura 38 – Avaliação de tarefas e recursos	75
Figura 39 – Histórico de projetos	76
Figura 40 – Avaliação das tarefas pelo cliente	77
Figura 41 – Tela do recurso humano	77
Figura 42 – Utilidade percebida (rapidez).....	85
Figura 43 – Utilidade percebida (praticidade).....	85
Figura 44 – Utilidade percebida (aprendizado).....	86
Figura 45 – Utilidade percebida (histórico).....	86
Figura 46 – Utilidade percebida (importação).....	87
Figura 47 – Utilidade percebida (acompanhamento)	87
Figura 48 – Facilidade percebida (aprendizagem)	88
Figura 49 – Facilidade percebida (rapidez)	89
Figura 50 – Facilidade percebida (interface).....	89
Figura 51 – Facilidade percebida (flexibilidade).....	90
Figura 52 – Facilidade percebida (esforço reduzido).....	90
Figura 53 – Importação de projeto da Empresa B	91
Figura 54 – Exemplo de cálculo da Distância Euclidiana	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Questões de pesquisa escolhidas.....	30
Tabela 2 – Bases de dados pesquisadas e <i>strings</i> de pesquisa.....	30
Tabela 3 – Artigos selecionados de acordo com o objetivo da alocação de recursos humanos em projetos.	35
Tabela 4 – Artigos selecionados de acordo com a pesquisa apresentada.	36
Tabela 5 – Artigos selecionados de acordo com a pesquisa apresentada.	38
Tabela 6 – Comparação de características de trabalhos relacionados.	43
Tabela 7 – Procedimento de testes.....	78
Tabela 8 – Itens relacionados à avaliação de Utilidade Percebida	80
Tabela 9 – Itens relacionados à avaliação de Utilidade Percebida	80
Tabela 10 –Respostas sobre perfil das empresas que participaram da validação do modelo .	81
Tabela 11 –Respostas sobre rotina na alocação de recursos em projetos.....	81
Tabela 12 –Avaliação de Utilidade Percebida	84
Tabela 13 –Avaliação de Facilidade Percebida	84
Tabela 14 –Avaliação de Facilidade Percebida	87
Tabela 15 –Resultados de Acurácia do SMARTALLOC	92

LISTA DE SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
DEA	<i>Data Envelop Analysis</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projetos
EBSM	<i>Expertise Based Skill Management</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IA	Inteligência Artificial
ID	Identificação
JSON	<i>Javascript Object Notation</i>
k-NN	<i>K Nearest Neighbors</i>
NOSQL	<i>Not Only SQL</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
SBSE	<i>Search Based Software Engineering</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Motivação	17
1.2	Definição do problema e Questão de Pesquisa	18
1.3	Objetivos	19
1.4	Metodologia	19
1.5	Organização do trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS	21
2.1	Gestão de Projetos	21
2.1.1	Alocação de Recursos Humanos em projetos	22
2.2	Objetivo Estratégico	23
2.3	Inteligência Artificial	24
2.4	Aprendizado de Máquina	25
2.4.1	Aprendizado Supervisionado	25
2.4.2	Aprendizado Não-Supervisionado	26
2.5	Método K-vizinhos mais próximos (k-NN)	26
2.6	Considerações sobre o capítulo	27
3	TRABALHOS RELACIONADOS	29
3.1	Revisão Sistemática	29
3.2	Planejamento da revisão sistemática	29
3.2.1	Questões de Pesquisa e Consultas nas Bases de Dados	30
3.2.2	CrITÉrios de Inclusão e Exclusão	31
3.3	Análise dos Dados	32
3.3.1	RQ1: Quais são os objetivos estratégicos pesquisados na área de alocação de recursos humanos em projetos?	34
3.3.2	RQ2: Qual é a intenção estratégica de alocação de recursos humanos em projetos, percebida nos artigos?	35
3.3.3	RQ3: Quais métodos ou técnicas para a alocação de recursos humanos em projetos são relatados na literatura?	37
3.3.4	Interpretação e Análise dos Dados	39
3.4	Conclusões da revisão sistemática e trabalhos futuros	40
3.5	Tabela Comparativa	41
3.6	Considerações sobre o capítulo	45
4	O MODELO SMARTALLOC	47
4.1	Visão Geral do Modelo SMARTALLOC	47
4.2	Requisitos	48
4.2.1	Requisitos Funcionais	48
4.2.2	Casos de Uso	48
4.2.3	Diagrama de Sequência	50
4.3	Arquitetura	51
4.3.1	Módulo de importação	52
4.3.2	Armazenamento dos Dados	53
4.3.3	Módulo de Recomendação	60
4.3.4	Módulo de Aplicação	69
4.4	Considerações sobre o capítulo	69

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	71
5.1 Implementação do Protótipo	71
5.2 Visão do gerente de projetos	71
5.3 Visão do cliente.....	76
5.4 Visão do Recurso Humano	77
5.5 Avaliação do modelo.....	78
5.6 Resultados	81
5.6.1 Resultados da entrevista estruturada	81
5.6.2 Avaliação TAM	83
5.6.3 Cálculo de Acurácia	90
5.7 Considerações sobre o capítulo	92
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
6.1 Conclusões e trabalhos futuros	93
6.2 Contribuições.....	94
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A – ENTREVISTA ESTRUTURADA SOBRE PERFIL DA EMPRESA E GESTORES	103
APÊNDICE B – ENTREVISTA ESTRUTURADA SOBRE PERFIL DA EMPRESA E GESTORES	105

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a complexidade dos mercados e mudanças recorrentes na economia tornam necessária a constante adaptação das empresas para competirem no mercado. São muitas as demandas que surgem e as organizações, norteando-se pelo seu plano estratégico, utilizam-se de projetos para alcançarem seus objetivos (PMBOK, 2013). Devido à sua criticidade, projetos devem ser encarados com maturidade, pois são altos os investimentos em treinamentos, ferramentas e processos para a realização dos mesmos (BARCAUI et al., 2013).

De acordo com Filippetto et al. (2016), o gerenciamento de projetos torna-se cada dia mais complexo devido ao dinamismo das atividades da organização e a busca constante por novos mercados e desenvolvimento de produtos.

A má gestão do tempo, considerada uma variável estratégica, é um dos problemas mais recorrentes dos gestores de projetos. Atrasos geram insatisfação nos clientes e elevação de custos, podendo significar perdas de oportunidades e de determinados mercados (BARCAUI et al., 2013).

A alocação dos recursos humanos nas tarefas distribuídas ao longo do projeto é um dos passos mais importantes para seu sucesso (KLIEM, 2016). Essa etapa envolve a determinação das quantidades necessárias de recursos para cada atividade que será desenvolvida (PMBOK, 2013). Existem métodos padronizados de gerenciamento de projetos, porém a padronização de práticas de alocação de recursos é pouco explorada na literatura. O quadro se torna ainda mais complexo quando diversos projetos concorrem simultaneamente por recursos limitados. Projetos que necessitam lidar com o compartilhamento de recursos não lidam somente com a pressão do tempo, mas com interferências internas e externas, além de constantes incertezas sobre o uso dos recursos. Os problemas gerados em um único projeto podem influenciar a alocação dos recursos humanos em todos os projetos concorrentes (NADLER, 2012).

1.1 Motivação

O gerente de projetos enfrenta o desafio de pouca visibilidade das habilidades de cada membro da equipe ao fazer a alocação em cada projeto (PINHA; AHLUWALIA, 2019). Para mitigar os riscos é necessário que exista um gerenciamento eficiente (fazer certo as coisas) e eficaz (fazer as coisas certas) dos recursos disponíveis (KLIEM, 2016), especialmente quando múltiplos projetos disputam o mesmo recurso (RUSINAITE et al., 2016).

Manter o equilíbrio no balanceamento das limitações, como custo, tempo ou qualidade requer ajustes constantes durante o percurso de um projeto (KERZNER, 2003). Modelos computacionais que aprendem com as alocações dos gestores de projetos usando algoritmos de Inteligência Artificial podem servir para lidar com este desafio gerencial.

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência da computação que se preocupa em criar máquinas capazes de reproduzir características humanas, como uso da linguagem, auto

aperfeiçoamento e criatividade, funcionando de forma autônoma (RUSSELL; NORVIG, 2013). Segundo Ongsulee (2017), a IA é aplicada quando uma máquina é capaz de imitar funções cognitivas humanas, tais como aprendizagem e resolução de problemas. Estas imitações do cérebro humano ocorrem na forma de aprendizado de máquina. Mitchell (1997) considera aprendizado de máquina quando um programa de computador é capaz de aprender e melhorar a si mesmo de forma automática conforme as experiências que passa. Alpaydin (2010) pondera que a função do aprendizado de máquina é programar computadores de modo a melhorarem critérios de desempenho utilizando exemplos de dados e experiências anteriores.

Em virtude da importância que a área de alocação de recursos humanos tem para o gerenciamento de projetos e considerando-se tudo o que o conceito de aprendizado de máquina pode proporcionar através de programas computacionais, o presente trabalho aborda uma forma de conexão entre estas áreas de modo a melhorar a alocação dos recursos humanos em projetos.

Este trabalho apresenta o modelo baseado em aprendizado de máquina SMARTALLOC, cujo objetivo é permitir alocações de recursos humanos em projetos de desenvolvimento de software. O aprendizado de máquina usado no modelo oferece ao gestor de projeto a capacidade de aprendizagem através das informações e regras para lidar com as mesmas, raciocínio para chegar a conclusões otimizadas e autocorreção (ROUSE, 2010). O modelo SMARTALLOC permite a escolha do objetivo estratégico do usuário (custo, tempo ou qualidade) na alocação de recursos humanos num projeto e mantém o histórico dos projetos anteriores. Desta forma, o gestor de projetos pode contar com uma ferramenta prática que ofereça rapidez e qualidade na alocação de recursos, reduzindo retrabalhos e atrasos no gerenciamento de projetos.

1.2 Definição do problema e Questão de Pesquisa

Seres humanos têm papel de destaque dentre os recursos existentes e disponíveis, pois normalmente são os principais responsáveis pelas variações de impacto nos projetos, como prazo, custo ou qualidade, de forma positiva ou negativa. Encontra-se no desempenho das pessoas a possibilidade de sucesso ou fracasso de um projeto (BARCAUI et al., 2013).

O capítulo 3 apresenta o resultado de uma revisão sistemática sobre alocação de recursos humanos em projetos que mostra que existem inúmeros métodos e técnicas para realizar a alocação dos recursos. Entretanto, em nenhum estudo relacionado foi encontrado um método que fizesse com que o modelo identificasse, através do histórico de alocações anteriores, padrões que indiquem o modo como a organização realiza as alocações. Tampouco, nenhum trabalho avaliado apresentou a possibilidade de a empresa decidir o objetivo estratégico dessas alocações (tempo, custo ou qualidade) e, com base nisso, auxiliar no processo de alocação como um todo.

Por este motivo, formulou-se a seguinte questão de pesquisa, que serve de guia para o estudo:

- Como seria um modelo computacional baseado em aprendizado de máquina para auxiliar na alocação de recursos humanos em projetos?

1.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal a criação do modelo computacional SMARTALLOC para suporte às alocações de recursos humanos em projetos, através do uso do método de aprendizado de máquina. O modelo permite a escolha do objetivo estratégico da empresa (custo, tempo ou qualidade) e utiliza históricos de projetos anteriores para melhorar a qualidade das alocações futuras. Para atingir o objetivo principal, o presente trabalho concentra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Analisar os conceitos relevantes à área de alocação de recursos humanos, área de projetos e também conceitos pertinentes ao método de aprendizado de máquina;
- Elaborar um estudo referente a trabalhos relacionados ao tema proposto;
- Caracterizar o modelo SMARTALLOC para a aplicação do conceito de aprendizado de máquina na alocação de recursos humanos em projetos;
- Implementar um protótipo do modelo para alocação de recursos;
- Validar o modelo criado, através de 3 estratégias: pesquisa estruturada com gestores de projetos; utilização de uma pesquisa estruturada na metodologia (*Technology Acceptance Model*) (TAM) (DAVIS, 1989) para avaliar a usabilidade do modelo; cálculo de Acurácia do algoritmo do modelo de aprendizado de máquina a fim de determinar a qualidade das alocações determinadas pelo modelo.

1.4 Metodologia

Para a elaboração deste trabalho, pesquisas preliminares foram feitas a fim de se obter uma visão geral dos conceitos, técnicas e tecnologias necessárias para a elaboração da base conceitual do modelo computacional SMARTALLOC para alocação dos recursos humanos nos projetos. Uma revisão sistemática da literatura foi conduzida a fim de se obter um entendimento maior sobre os modelos e técnicas utilizadas para alocar pessoas em projetos, oportunizando a dissolução de dúvidas para trazer solidez à ideia do modelo.

A partir do desenho do modelo SMARTALLOC foram criadas especificações referentes à aplicação, demonstrando uma visão mais detalhada dos requisitos funcionais, bem como seus principais componentes e suas interações.

Após a conclusão destas etapas, um protótipo do modelo foi desenvolvido. Este protótipo foi testado em duas organizações por meio de 3 estratégias: pesquisa estruturada com gestores de projetos; aplicação de pesquisa estruturada, baseada na metodologia (*Technology Acceptance Model*) (TAM) (DAVIS, 1989) e cálculo de Acurácia do algoritmo de aprendizado de máquina. O objetivo desta validação em diferentes cenários é perceber a eficácia e eficiência da aplicação,

ou seja, se o modelo está sendo capaz de utilizar sua inteligência artificial a fim de, baseado no histórico, fazer alocações mais eficazes e de acordo com a realidade e objetivo estratégico escolhido pela empresa.

1.5 Organização do trabalho

A dissertação está organizada em 6 capítulos. O capítulo 2 discute a fundamentação teórica e tecnologias que servem como base para o desenvolvimento do modelo SMARTALLOC. No capítulo 3, apresenta-se os detalhes da revisão sistemática da literatura, utilizada para identificar técnicas ou métodos usados para alocar pessoas em projetos. No capítulo 4 é apresentada a arquitetura e as características da aplicação desenvolvida. O capítulo 5 descreve a implementação do protótipo e a metodologia utilizada para avaliar o modelo. Finalmente, o capítulo final apresenta as considerações finais e os possíveis trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica e conceitos básicos utilizados para a elaboração deste trabalho. O texto está organizado em 6 seções. A primeira seção apresenta o conceito de gestão de projetos e alocação de recursos humanos nos mesmos. A segunda seção apresenta uma discussão sobre objetivos estratégicos. A terceira seção aborda o tema de Inteligência Artificial, trazendo uma visão geral sobre o assunto. A quarta seção versa sobre o conceito de aprendizado de máquina e suas subdivisões principais. A quinta seção descreve o método K-Vizinhos mais próximos (k-NN), bem como todas as suas especificações. Finalmente, a sexta seção traz as considerações sobre o capítulo.

2.1 Gestão de Projetos

Para que se entenda o que é gerenciamento de projetos e sua importância, primeiramente deve-se definir o que são projetos. De modo geral, um projeto é um empreendimento não repetitivo, que segue uma sequência lógica de eventos já planejados, destinando-se a atingir um objetivo específico (TRENTIM, 2014).

Concordando com a afirmação, PMBOK (2013) salienta que projetos são o resultado de um esforço coletivo e temporário, que visa a obtenção de um produto ou serviço único. Os projetos surgem das mais variadas demandas, sejam elas de mercado, estratégicas, de natureza social, relacionadas à solicitação de um cliente específico, entre outras. É através de projetos que as organizações buscam atingir seus objetivos, portanto, a execução de um projeto deve respeitar parâmetros definidos de desempenho, cronograma, custo e qualidade.

Por este motivo, a gestão eficiente dos projetos torna-se tão importante nos dias atuais. O correto gerenciamento de um projeto, considerando-se suas ferramentas e técnicas de execução, são o modo de atingir a visão através da missão, levando-se em consideração os valores da empresa.

Para se ter um gerenciamento e controle eficaz de um projeto, são necessários estudo e planejamento, e principalmente, gerir e acompanhar sua execução, monitorando qualquer necessidade de ajuste se necessário (TRENTIM, 2014).

A cultura, o estilo e a estrutura da organização afetam a maneira como projetos são executados. Em outras palavras, são as pessoas, e o jeito como estão organizadas na empresa, que determinam de que forma os projetos serão organizados e conduzidos (PMBOK, 2013). O conjunto de capacidades, conhecimentos, atributos de personalidade e competências essenciais para a realização de tarefas, de modo a produzir resultado econômico, constituem o que é chamado de capital humano (LOCOSELLI; ZENKER, 2013).

Os produtos e serviços advindos de um projeto são o resultado de numerosos e inter-relacionados processos de trabalho, sendo que estes processos alcançam todos os níveis da organização, tanto em âmbito de equipes quanto em âmbito individual (RAYBOULD; LEVIN,

2000). Dessa forma, um dos mais importantes componentes de um projeto são os recursos humanos que são alocados para sua realização.

O guia PMBOK (2013) define dez áreas de conhecimento se tratando de gerenciamento de projetos, conforme Figura 1. O presente estudo dará enfoque à área de gerenciamento de tempo do projeto, área onde acontecem as alocações dos recursos humanos nos projetos.

Figura 1: As dez áreas do conhecimento do guia PMBOK



Fonte: Adaptado de Collins (2016).

2.1.1 Alocação de Recursos Humanos em projetos

Para que uma empresa atinja seus objetivos através de projetos, ela necessita diretamente de recursos, que, se forem mal gerenciados, podem comprometer todo o sucesso da operação, através do aumento de custos e riscos. Para mitigar estes riscos, é necessário que exista um gerenciamento eficiente e eficaz dos recursos disponíveis (KLIEM, 2016).

Os recursos utilizados nos projetos são responsáveis por dar suporte e possibilitar a execução e sucesso das atividades. Existem recursos dos mais variados tipos, sendo os mais conhecidos: matérias-primas, ferramentas, humanos, máquinas, entre outros (RUSINAITE et al., 2016). Para este trabalho, recursos deverão ser compreendidos como os profissionais que executarão as atividades.

Dentro do gerenciamento de recursos humanos em projetos, existem diversos processos que organizam, guiam e gerenciam as equipes. Dentre os passos mais importantes no momento da

escolha da equipe que ficará a cargo de um determinado projeto estão as definições de responsabilidades e papéis bem-definidos, bem como as habilidades e competências esperadas de cada um, o tempo de permanência no projeto, entre outros (PMBOK, 2013).

Os recursos humanos que serão utilizados nos projetos podem ser obtidos tanto externamente à organização, quanto internamente, considerando os fatores ambientais da instituição. Outros aspectos importantes a considerar são a disponibilidade do recurso, suas competências, seu interesse em fazer parte da equipe e sua experiência (BAUMOTTE et al., 2013).

A disponibilidade dos recursos é estratégica, pois determina a formação de filas e gargalos dentro dos processos. Essa importância fica ainda mais evidente quando múltiplos projetos necessitam de poucos recursos disponíveis (RUSINAITE et al., 2016).

Em organizações onde vários projetos ocorrem simultaneamente, os recursos humanos, de acordo com suas funções, pertencem ao chamado pool de recursos, que se refere ao conceito de grupo de pessoas disponíveis e elegíveis para trabalhar nos mais variados projetos de uma empresa, sendo os recursos compartilhados entre elas.

O gerenciamento dos recursos humanos é importante nesse momento, pois as pessoas envolvidas em vários projetos acabam por sofrer pressão, já que recebem, geralmente, diversos papéis e responsabilidades (JORGENSEN, 2015).

Embora o gerenciamento de recursos humanos compreenda as etapas que auxiliam na organização e gerenciamento da equipe de projetos, é na área de gerenciamento de tempo que se realiza a etapa de estimativa dos recursos nas atividades, ou seja, a alocação dos recursos humanos no projeto (PMBOK, 2013).

2.2 Objetivo Estratégico

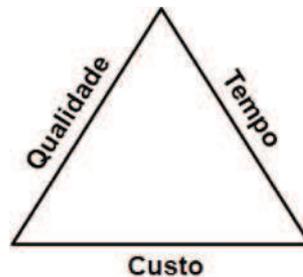
O sucesso de um projeto, está intimamente ligado ao gerenciamento eficaz dos recursos disponíveis da organização, junto de limitações como custo, tempo e qualidade (*performance*). O gerente de projetos está sempre em constante busca do equilíbrio destas três variáveis, embora esta seja uma tarefa extremamente complicada, e por vezes são necessários ajustes durante o percurso de um projeto (KERZNER, 2003).

Como podem ocorrer certos desvios em algumas destas variáveis, como custos acima do esperado, tempo do projeto maior do que o previsto, ou *performance* reduzida, que leva à um nível de qualidade aquém do esperado, o gerente de projetos poderá ter que escolher uma dentre estas variáveis para focar no momento, em detrimento das demais.

Isto significa que, poderá ser escolhido como objetivo principal de um projeto específico a variável custo, levando-se à busca de alternativas para diminuir o custo do projeto. Poderá ainda ser escolhida a variável tempo, o que levaria o gerente de projetos a buscar formas de otimizar o tempo de execução do projeto. Por fim, poderá ser escolhida a variável qualidade, onde o gerente de projetos terá foco principal na *performance*/qualidade do projeto, buscando atingir as expectativas do cliente em relação ao projeto (KERZNER, 2003).

A Figura 2 ilustra o triângulo tempo-custo-qualidade, também conhecido pelo nome de triângulo de ferro (ATKINSON, 1999).

Figura 2: Triângulo Tempo-Custo-Qualidade



Fonte: Adaptado de Atkinson (1999).

O modelo SMARTALOC proposto no presente estudo, permitirá que no início do planejamento, o gerente de projetos que utilizar a ferramenta, possa definir qual objetivo estratégico da empresa será perseguido no projeto em questão. Isso fará com que o sistema busque realizar as recomendações de alocações, já planejando o atingimento do objetivo escolhido.

Para a questão da qualidade, serão utilizadas como base para nivelamento, as notas atribuídas de clientes anteriores para cada tarefa realizada pelos recursos, para que o sistema identifique quais são os recursos que receberam as melhores notas. Sendo assim, se for escolhida a variável qualidade, o sistema buscará alocar nas tarefas recursos com as melhores notas atribuídas anteriormente.

2.3 Inteligência Artificial

Os primeiros trabalhos utilizando o tema de inteligência artificial iniciaram durante a segunda guerra mundial, sendo no ano de 1956 que o conceito ganhou o referido nome “Inteligência Artificial” (IA). A IA é um ramo da ciência da computação, que se preocupa em criar máquinas capazes de reproduzir características humanas como uso da linguagem, autoaperfeiçoamento e criatividade, funcionando de forma autônoma (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Outra definição explica que a inteligência artificial é aplicada quando uma máquina é capaz de imitar funções cognitivas humanas, tais como aprendizagem e resolução de problemas (ONGSULEE, 2017).

Nascida na década de 1940, foi nos anos 80 que a inteligência artificial passou de uma área teórica para se transformar em indústria, passando seu valor de alguns milhões de dólares, para bilhões, adquirindo cada vez mais notoriedade (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Devido à expansão do conceito ao longo dos anos, a IA tem sido utilizada em uma grande gama de assuntos, tais como processamento de linguagem natural, visão computacional, ciência de cognição e raciocínio, teorias dos jogos, aprendizado de máquina, entre outros. Para esta

dissertação, o foco será em aprendizado de máquina (LIU et al., 2018).

2.4 Aprendizado de Máquina

O conceito aprendizado de máquina é um ramo da Inteligência Artificial que surgiu inicialmente pela necessidade de um sistema que analisasse a crescente quantidade de dados coletados em todo lugar e a todo momento, e fosse capaz de perceber certos padrões ou ordem nos mesmos, levando à uma maior capacidade de entendimento de padrões de escolhas e predição de comportamentos futuros (ALPAYDIN, 2010).

Concordando com a afirmação, Raschka (2015) salienta que vivemos uma era onde existem grandes quantidade de dados sendo gerados, e que usar algoritmos capazes de aprender sozinhos, é uma forma de transformar todos esses dados em real conhecimento.

O objetivo é a criação de sistemas capazes de aprender de forma automática. Baseado na experiência de resoluções satisfatórias de problemas anteriores, o sistema utiliza-se de algoritmos para tomar decisões no presente, e com o tempo, espera-se que seja capaz de prever certas situações, baseando-se no comportamento de questões anteriores (MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

Existem diversos algoritmos que podem ser utilizados para o aprendizado de máquina. Normalmente a escolha irá depender do que se espera do sistema que será criado. Algoritmos de aprendizado de máquina caracteristicamente se desdobram em dois tipos de aprendizado: o aprendizado não supervisionado e o supervisionado (BELL, 2015).

2.4.1 Aprendizado Supervisionado

Um algoritmo de aprendizado supervisionado, tem por objetivo aprender baseado em um conjunto de dados de treinamento já classificados, que permite a predição de eventos ou dados ainda não ocorridos. O termo “supervisionado” significa um conjunto de amostras de dados, onde o rótulo final desejado já é conhecido (RASCHKA, 2015).

Durante o treinamento destes dados, é usado o algoritmo de forma a realizar predições nos dados de entrada, e a melhora das estimativas é feita utilizando a verdade elementar em um processo que se repete até que se atinja o nível desejado de precisão (SHANTHAMALLU et al., 2017).

Dentro do aprendizado supervisionado, existem duas subcategorias, denominadas Classificação e Regressão. Na classificação, o objetivo é prever os rótulos de classes categóricas baseando-se em observações passadas. Um exemplo clássico seria o de mapear uma pessoa e classificá-la como gênero masculino ou feminino (RASCHKA, 2015).

Basicamente, na classificação, o resultado esperado é uma resposta de sim ou não. A diferença da subcategoria de Classificação, em que o algoritmo busca prever rótulos, e a Regressão, é que na Regressão, o resultado esperado é um valor numérico e contínuo (ALPAYDIN, 2010).

2.4.2 Aprendizado Não-Supervisionado

No aprendizado supervisionado, é dado ao algoritmo de predição, dados e informações já selecionados, que serão necessários para que o algoritmo aprenda a chegar ao resultado esperado. No aprendizado não supervisionado, acontece o contrário, pois são fornecidos dados ao algoritmo, e o mesmo tem a missão de encontrar alguma similaridade entre eles, vindo a possibilidade de formar agrupamentos ou *clusters* (MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

O objetivo perseguido no aprendizado não-supervisionado é o de criar um modelo que consiga encontrar estas regularidades entre os dados fornecidos (BATISTA, 2003).

2.5 Método K-vizinhos mais próximos (k-NN)

O método K-vizinhos mais próximos, k-NN, se caracteriza por um algoritmo não parametrizado, baseado em instância, considerado um dos algoritmos mais simples do aprendizado de máquina (ZHANG et al., 2018). Um dos principais atributos deste algoritmo, é que o mesmo utiliza exemplos de dados treinados para realizar predições ou fazer classificações, porém não cria um modelo de classificação que se baseia nos dados (COVER; HART, 1967).

O k-NN, dentro do aprendizado supervisionado, é um dos mais conhecidos algoritmos da subcategoria de classificação. Este algoritmo será utilizado para realizar as alocações de recursos no modelo computacional proposto neste estudo.

Desenvolvido por Filho (2014), no algoritmo 1, é apresentado o funcionamento do k-NN. O uso do algoritmo compreende geralmente 3 fases. Na primeira fase, acontece o armazenamento do conjunto de treinamento (dados). Na segunda fase calcula-se a similaridade referente ao conjunto de dados de treinamento, para uma nova instância. E na terceira fase, esta nova instância criada passa por uma classificação de acordo com a classe mais frequente (FILHO, 2014).

Algoritmo 1: K-vizinhos mais próximos

Entrada: *Nova*; /* nova instância */

Saída: *instância classificada*

Dados: *Treinamento=(X1,X2,...,Xn)*; /* conjunto de treinamento */

1 - **início**

 /* calcula a similaridade de todo conjunto de treinamento */

2 - **para** $i \leftarrow 1$ **até** *Tamanho(Treinamento)* **faça**

3 - *Temporaria* \leftarrow *CalcularSimilaridade (Treinamento, Nova)*;

4 - *Similaridade* \leftarrow *Add(Temporaria)*;

5 - **fim para**

```
6 - Similaridade ← Ordenar(Similaridade); /* vetor de similaridade ordenado */  
7 - Vizinhos ← Selecionar(Similaridade, K); /* seleciona os primeiros K vizinhos */  
8 - Classe ← Frequencia(Vizinhos); /* classe mais frequente */  
9 - Retornar (Classe);  
10 - fim
```

O k-NN também é utilizado para encontrar anomalias globais em um determinado conjunto de dados. Deste modo, o algoritmo é capaz de classificar dados utilizando métodos de similaridade, a exemplo da distância Euclidiana, Hamming, Manhattan ou Minkowski (MATA, 2017).

2.6 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou o referencial teórico e conceitos básicos referentes ao presente estudo. A primeira seção abordou a gestão de projetos e a alocação de recursos humanos em projetos. A segunda seção apresenta uma discussão sobre objetivo estratégico. A terceira seção traz uma breve explicação sobre Inteligência Artificial. A seção quatro trata do conceito de aprendizado de máquina, bem como seu desdobramento em aprendizado supervisionado e não supervisionado. Por fim, a quinta seção traz considerações sobre o algoritmo K-vizinhos mais próximos, o k-NN.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta o processo de pesquisa realizado para mapear os estudos que abordam o tema de alocação de recursos humanos em projetos. Foram selecionados um total de 25 artigos relacionados ao tema proposto. Os artigos passaram por um processo minucioso de seleção a partir de categorias criadas. Este capítulo também gerou um artigo que foi submetido, e indicado para aprovação com *major revision* para o periódico *International Journal of Business Information Systems*.

O capítulo está organizado em 6 seções. As seções de 1 a 4 apresentam as informações relacionadas à revisão sistemática realizada, contendo detalhes sobre a pesquisa. A seção 5 apresenta uma tabela comparativa entre os trabalhos relacionados e o modelo SMARTALLOC, trazendo uma discussão dos principais pontos semelhantes e divergentes. Por fim, a seção 6 apresenta as considerações sobre o capítulo.

3.1 Revisão Sistemática

O uso adequado do gerenciamento dos recursos humanos juntamente com o gerenciamento de tempo em projetos pode trazer grandes benefícios ao desempenho das organizações. Baseando-se neste ponto de vista, foi realizado um mapeamento sistemático de pesquisas relacionadas à alocação de recursos humanos em projetos, com o propósito de trazer um entendimento maior sobre as técnicas utilizadas para alocar pessoas em projetos. Após a aplicação de critérios de seleção, foram selecionados 25 artigos. Estes foram classificados considerando-se sua relevância e contribuição para a área de alocação de recursos.

O presente estudo está organizado em 4 seções: a Seção 2 discute a metodologia utilizada para a pesquisa e o processo do mapeamento sistemático; a Seção 3 aborda os resultados do estudo e apresenta uma análise sobre os dados; ao final, a Seção 4 apresenta as considerações finais.

3.2 Planejamento da revisão sistemática

Este artigo utiliza um mapeamento sistemático que, de acordo com Lopez-Herrejon, Linsbauer e Egyed (2015), define cinco etapas a serem seguidas:

- (a) definição das questões de pesquisa;
- (b) realização de pesquisas em fontes primárias;
- (c) triagem de documentos para criação de critérios de exclusão;
- (d) *keywording* dos resumos;
- (e) extração de dados e mapeamento.

A metodologia conhecida como mapeamento sistemático é usada, de acordo com Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015), quando há a necessidade de se buscar uma visão geral de determinada área de pesquisa, através do uso de classificação e desmembramento das contribuições em relação às categorias das classificações.

3.2.1 Questões de Pesquisa e Consultas nas Bases de Dados

A primeira etapa de um mapeamento sistemático é a definição das questões de pesquisa. As perguntas que serviram de base para o presente estudo encontram-se na Tabela 1:

Tabela 1: Questões de pesquisa escolhidas

Abordagem	Questão de pesquisa
RQ1	Quais são os objetivos estratégicos pesquisados na área de alocação de recursos humanos em projetos?
RQ2	Qual é a intenção estratégica de alocação de recursos humanos em projetos, percebida nos artigos?
RQ3	Quais métodos ou técnicas para a alocação de recursos humanos em projetos são relatados na literatura?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das questões de pesquisa foi possível, ao pesquisar na literatura, identificar os principais estudos realizados dentro da área de alocação de recursos humanos em projetos.

Além disso, o mapeamento também visou responder quais são as etapas do processo de alocação de recursos que aparecem nos artigos pesquisados e, também, quais métodos ou técnicas foram utilizados para alocar pessoas em projetos.

Depois da definição das questões de pesquisa, foram escolhidas palavras-chave que buscassem responder às questões formuladas. Começou-se, então, a realização de testes com essas palavras. Esses testes consistiram na combinação de três elementos: a) recursos humanos; b) alocação ou gerenciamento desses recursos; c) foco em projetos, de qualquer natureza. Ao final, a partir dos resultados, foram estabelecidas as strings de pesquisa utilizadas nas bases de dados, conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Bases de dados pesquisadas e *strings* de pesquisa

Base de dados	String de pesquisa
ACM Digital Library	(+"Project ManagementResource AllocationHuman Allocation")
IEEE Xplore	("Resource Allocation"OR "Human Allocation") AND ("Project Management")

Continua na próxima página

Tabela 2 – Continuação da página anterior

Base de dados	String de pesquisa
Springer	("Resource Allocation"OR "Human Allocation") AND ("Project Management")
ScienceDirect	("Resource Allocation"OR "Human Allocation") AND ("Project Management")

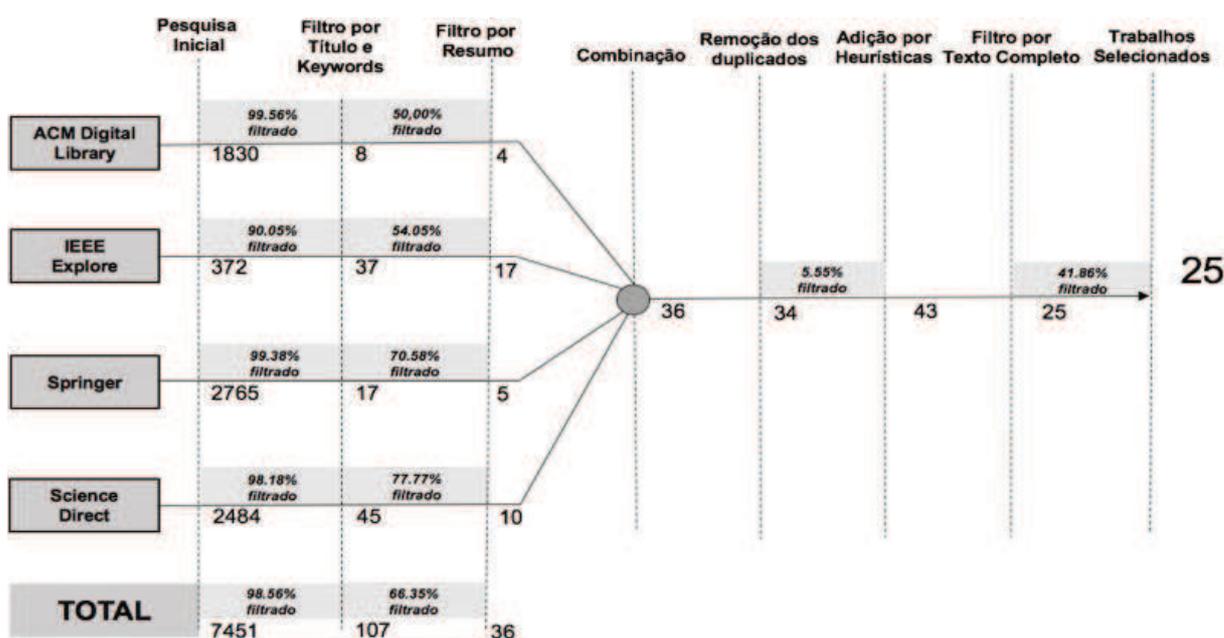
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a realização das pesquisas, obteve-se um conjunto inicial de 7.451 artigos, referente ao somatório de todas as bases de dados consultadas. Esse número de artigos deve-se às palavras pesquisadas serem bastante utilizadas nos metadados dos artigos. A partir da conclusão dessa etapa, iniciou-se o processo da identificação dos artigos cujo conteúdo apresentasse a maior relevância na área pesquisada, considerando-se os critérios de inclusão e exclusão definidos na etapa de triagem, apresentados na próxima seção.

3.2.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Depois da escolha inicial, foram selecionados critérios de inclusão e exclusão para filtragem dos artigos, de modo a refinar a pesquisa e manter somente aqueles que mais representassem as questões propostas. As etapas realizadas se encontram na Figura 3:

Figura 3: Totais de trabalhos pesquisados e filtros aplicados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os critérios de exclusão e inclusão selecionados para refinar a pesquisa e selecionar os artigos que tinham relevância na área de alocação de recursos humanos em projetos estão discriminados abaixo:

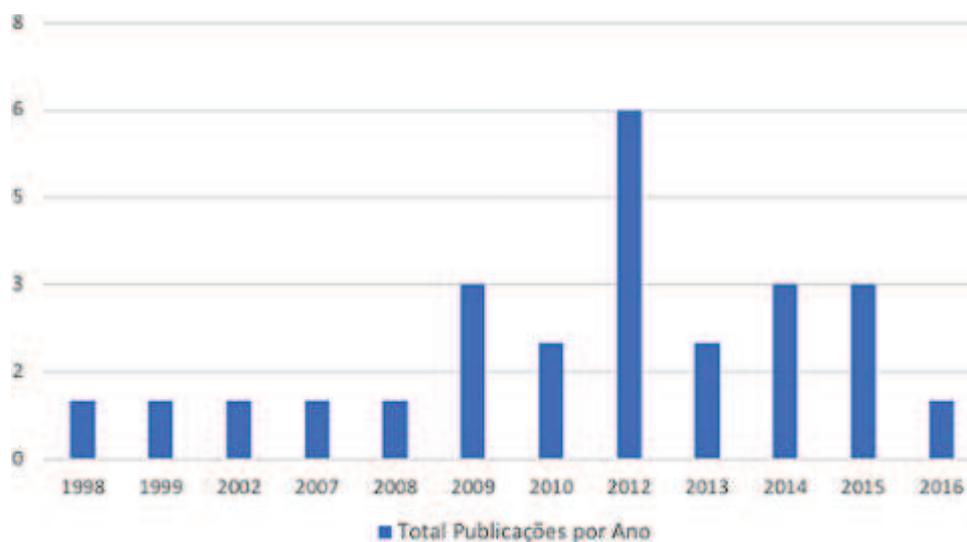
- (a) filtro por título e *keywording* dos resumos: realizou-se uma análise dos 7.451 artigos, de acordo com o título e *keywording* dos resumos, procurando identificar os artigos que realmente tivessem ligação com a alocação de recursos humanos em projetos. Depois da análise, foi reduzido em 98,56% o total dos estudos, chegando-se a 107 artigos;
- (b) filtro por resumo: a partir dos 107 artigos remanescentes, tendo-se analisado os resumos, buscaram-se artigos que não estivessem em consonância com as questões propostas, o que levou a uma redução de 66,35% do total dos artigos, restando 36 trabalhos;
- (c) remoção de artigos duplicados: levando-se em consideração que um mesmo artigo possa estar publicado ou catalogado em mais de uma base de dados, foi realizada uma análise para apontar os trabalhos que estivessem nessa situação, o que levou à redução de dois artigos, restando 34 para análise;
- (d) heurística para adição de artigos: foram encontrados artigos que não constavam na lista inicial de artigos, porém são trabalhos que se relacionam com as questões de pesquisa, e, por esse motivo, foram incluídos no montante anterior já selecionado. Adicionaram-se 9 artigos ao restante, chegando-se ao número de 43 trabalhos;
- (e) leitura completa do artigo: após análise, os artigos que não abordavam os objetivos, métodos ou técnicas de alocação de recursos humanos em projetos foram eliminados da lista. Com isso, restaram 25 artigos para dar prosseguimento ao mapeamento.

A etapa seguinte compreendeu a análise dos artigos, a fim de identificar respostas às perguntas anteriormente citadas e possíveis lacunas existentes na área de alocação de recursos humanos em projetos.

3.3 Análise dos Dados

O estudo da alocação de recursos humanos em projetos não é uma área de pesquisa recente, pois é atrelada à área de gerenciamento de projetos, que já vem sendo pesquisada há muitas décadas. Sendo assim, dos 25 artigos selecionados, há artigos desde o ano de 1998 até o ano de 2016. A maior quantidade dos artigos selecionados foi publicada no ano de 2012, ou seja, seis artigos. Foram considerados artigos publicados até o mês de setembro de 2017. A distribuição dos artigos por ano de publicação está apresentada na Figura 4.

Figura 4: Estudos classificados pelo ano de publicação

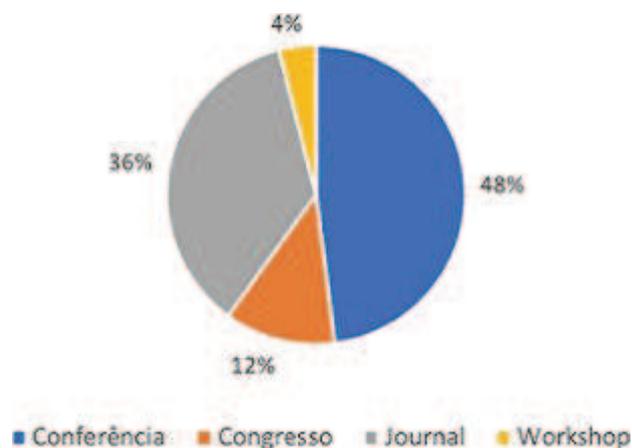


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao analisar os dados que mostram a quantidade de estudos publicados sobre o tema, evidencia-se a importância e a relevância que a alocação de recursos humanos em projetos tem dentro da comunidade acadêmica.

No período selecionado, foram analisados artigos publicados em conferências, congressos, *journals* e *workshops*. A Figura 5 apresenta a quantidade de artigos selecionados, por tipo de publicação.

Figura 5: Quantidade de artigos organizados por tipo de publicação



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A maior parte dos artigos foi publicada em conferências, totalizando 48% do total dos artigos (12 artigos). Em seguida, 36% dos artigos (9 artigos) foram publicados em *journals*,

após, tem-se 12% dos artigos publicados em congressos e, por fim, têm-se somente um artigo publicado em *workshop*, que representa 4% do total.

A próxima seção apresenta as questões de pesquisa desenvolvidas para este estudo juntamente com a análise dos artigos selecionados que buscam responder a cada questão.

3.3.1 RQ1: Quais são os objetivos estratégicos pesquisados na área de alocação de recursos humanos em projetos?

A primeira pergunta busca entender qual é o objetivo da alocação dos recursos humanos em projetos identificados nos artigos. A Figura 6 apresenta os 4 principais objetivos da alocação de recursos humanos percebidos nos artigos: custo, tempo, *performance* do projeto e compreensão de um processo existente de alocação de recursos, juntamente com os respectivos percentuais de aparecimento dos tópicos nos artigos selecionados.

Por *performance* do projeto, entende-se quando não somente uma perspectiva é foco, mas sim quando há a busca de melhoria de múltiplas perspectivas ao mesmo tempo, como custo, tempo, etc.

Figura 6: Classificação dos artigos por objetivo da alocação de recursos humanos em projetos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A maioria dos trabalhos, 56%, tem como principal objetivo melhorar a *performance* do projeto. A seguir, tem-se 20% dos artigos onde o principal foco do estudo é o de compreender um processo existente de alocação dos recursos humanos em projetos. Outros 16% do total de artigos tem como principal objetivo, diminuir o tempo total do projeto.

E, por último, com 8%, têm-se os projetos que buscam, como objetivo, diminuir o custo total dos projetos. Os artigos classificados de acordo com seus objetivos estão apresentados a Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Artigos selecionados de acordo com o objetivo da alocação de recursos humanos em projetos.

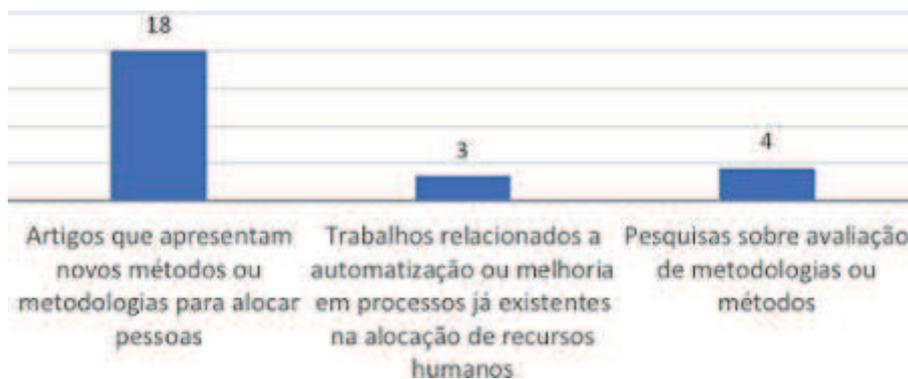
Objetivo	Artigos	Qtd
Custo	(ZARAKET; OLLEIK; YASSINE, 2013), (KAIBIN et al., 2014)	2
Tempo	(SILVA; COSTA, 2012), (BESIKCI; BILGE; ULUSOY, 2012), (TAG, 2015), (KUMAR; GANESH, 1998)	4
<i>Performance</i> do projeto	(STYLIANOU; ANDREOU, 2012), (BALLESTEROS-PEREZ; GONZALEZ-CRUZ; FERNANDEZ-DIEGO, 2012), (ANWAR; BIBI; AHSAN, 2013), (BIBI; AHSAN; ANWAR, 2014), (GEROGIANNIS et al., 2015), (FILIP-PETTO et al., 2016), (BARBOSA; ELIAS, 2015), (ZHOU, 2008), (WENG et al., 2010), (COSTA; SILVA; BASTOS, 2009), (CHEN; YUN; WANG, 2009), (SILVA; REIS; QUITES REIS, 2007), (SHAN; JIANG; HUANG, 2010), (KORVIN; SHIPLEY; KLEYLE, 2002)	14
Compreensão de um processo existente de alocação de recursos	(DORES; LOPES; REIS, 2012), (SELARU, 2012), (PONSTEEN; KUSTERS, 2014), (HENDRIKS; VOETEN; KROEP, 1999), (OLIVEIRA; SOUZA; REIS, 2009)	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2 RQ2: Qual é a intenção estratégica de alocação de recursos humanos em projetos, percebida nos artigos?

A segunda questão de pesquisa busca entender quais são as intenções estratégicas de estudos relacionados à área de alocação de recursos humanos. Três tipos de intenções foram mapeadas: inovação, aperfeiçoamento ou entendimento. A Figura 7 apresenta a quantidade de artigos, organizados em três diferentes tópicos: artigos que apresentam novos métodos ou metodologias para alocar pessoas (inovação); trabalhos relacionados à automatização ou melhoria em processos já existentes na alocação de recursos (aperfeiçoamento); e pesquisas sobre avaliação de metodologias ou métodos (entendimento).

Figura 7: Classificação dos artigos de acordo com pesquisa proposta



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A maior parte dos trabalhos selecionados, totalizando 18, apresentam novos métodos ou metodologias para alocar pessoas em projetos, enquanto outros 3 artigos apresentam temas relacionados à automatização ou melhoria em processos já existentes na alocação de recursos humanos, e, por fim, têm-se 4 artigos que realizam pesquisas sobre metodologias ou métodos já existentes na alocação de recursos humanos em projetos. A Tabela 4 apresenta os artigos selecionados em cada uma das categorias escolhidas.

Tabela 4: Artigos selecionados de acordo com a pesquisa apresentada.

Classificação do estudo	Artigos	Qtd
Artigos que apresentam novos métodos ou metodologias para alocar pessoas	(STYLIANOU; ANDREOU, 2012), (SILVA; COSTA, 2012), (BALLESTEROS-PEREZ; GONZALEZ-CRUZ; FERNANDEZ-DIEGO, 2012), (BESIKCI; BILGE; ULUSOY, 2012), (ANWAR; BIBI; AHSAN, 2013), (ZARAKET; OLLEIK; YASSINE, 2013), (KAIBIN et al., 2014), (GEROGIANNIS et al., 2015), (TAG, 2015), (FILIPPETTO et al., 2016), (BARBOSA; ELIAS, 2015), (ZHOU, 2008), (WENG et al., 2010), (COSTA; SILVA; BASTOS, 2009), (CHEN; YUN; WANG, 2009), (SHAN; JIANG; HUANG, 2010), (KUMAR; GANESH, 1998), (KORVIN; SHIPLEY; KLEYLE, 2002)	18

Continua na próxima página

Tabela 4 – Continuação da página anterior

Classificação do estudo	Artigos	Qtd
Trabalhos relacionados a automatização ou melhoria em processos já existentes na alocação de recursos humanos	(SELARU, 2012), (BIBI; AHSAN; ANWAR, 2014), (SILVA; REIS; QUITES REIS, 2007)	3
Pesquisas sobre avaliação de metodologias ou métodos	(DORES; LOPES; REIS, 2012), (PONSTEEN; KUSTERS, 2014), (HENDRIKS; VOETEN; KROEP, 1999), (OLIVEIRA; SOUZA; REIS, 2009)	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3 RQ3: Quais métodos ou técnicas para a alocação de recursos humanos em projetos são relatados na literatura?

O objetivo da terceira questão foi o de entender quais os métodos ou técnicas utilizados para o processo de alocação de recursos humanos em projetos. Com isso, foram encontrados diversas técnicas e métodos. A Figura 8 apresenta a quantidade de trabalhos e as respectivas técnicas escolhidas.

Figura 8: Métodos ou técnicas utilizados nos modelos apresentados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 8 mostra que a maioria dos artigos apresentam técnicas diversas quando se trata

do processo de alocação de recursos. Sete técnicas são utilizadas por mais de um artigo, sendo elas: Simulação, Revisão Literária, Programação Linear, Pesquisa Qualitativa, Ontologia, Lógica *Fuzzy* e Algoritmo Genético. Outros nove trabalhos abordam técnicas diferentes, tal como técnica sociométrica, SBSE, Rede de Petri, programação dinâmica, políticas de instanciação, EBSM, DEA, Algoritmo de criação própria e algoritmo de otimização por enxame de partículas.

A Tabela 5 apresenta a classificação dos artigos por tipo de metodologia e técnica utilizados:

Tabela 5: Artigos selecionados de acordo com a pesquisa apresentada.

Técnicas	Artigos	Qtd
Algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas	(KAIBIN et al., 2014)	1
Algoritmo de Criação Própria	(ZHOU, 2008)	1
Algoritmo Genético	(STYLIANOU; ANDREOU, 2012), (BESIKCI; BILGE; ULUSOY, 2012), (SHAN; JIANG; HUANG, 2010)	3
DEA (<i>Data Envelop Analysis</i>)	(WENG et al., 2010)	1
EBSM (<i>Expertise Based Skill Management</i>)	(ANWAR; BIBI; AHSAN, 2013)	1
Lógica <i>Fuzzy</i>	(GEROGIANNIS et al., 2015), (KORVIN; SHIPLEY; KLEYLE, 2002)	2
Ontologia	(FILIPPETTO et al., 2016), (BARBOSA; ELIAS, 2015)	2
Pesquisa Qualitativa	(DORES; LOPES; REIS, 2012), (OLIVEIRA; SOUZA; REIS, 2009)	2
Políticas de Instanciação	(SILVA; REIS; QUITES REIS, 2007)	1
Programação Dinâmica	(SILVA; COSTA, 2012)	1

Continua na próxima página

Tabela 5 – Continuação da página anterior

Técnicas	Artigos	Qtd
Programação Linear	(ZARAKET; OLLEIK; YAS-SINE, 2013), (COSTA; SILVA; BASTOS, 2009)	2
Rede de Petri	(KUMAR; GANESH, 1998)	1
Revisão Literatura	(PONSTEEN; KUSTERS, 2014), (HENDRIKS; VOETEN; KROEP, 1999)	2
SBSE (<i>Search Based Software Engineering</i>)	(BIBI; AHSAN; ANWAR, 2014)	1
Simulação	(SELARU, 2012), (TAG, 2015), (CHEN; YUN; WANG, 2009)	3
Técnica Sociométricas	(BALLESTEROS-PEREZ; GONZALEZ-CRUZ; FERNANDEZ-DIEGO, 2012)	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.4 Interpretação e Análise dos Dados

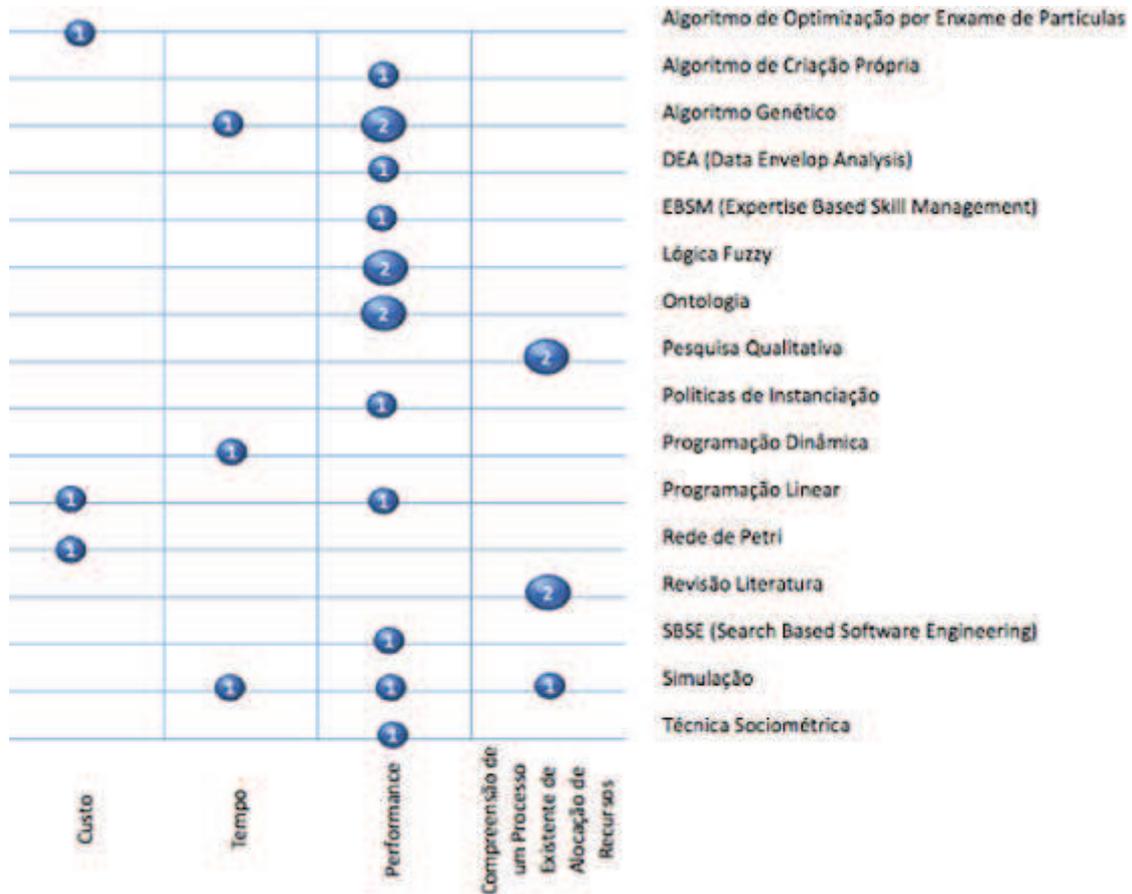
Ao organizar os artigos, identificou-se os principais objetivos da alocação de recursos humanos em projetos, e também, os principais meios utilizados pelos autores para este fim. A Figura 9 mostra a distribuição das pesquisas por objetivos em relação aos métodos ou técnicas utilizados.

O mapa revela que o objetivo mais buscado quando se trata de alocação de recursos humanos em projetos (14 artigos), é o de melhorar a *performance* do projeto como um todo, utilizando-se de 11 técnicas diferentes.

O segundo objetivo mais buscado é a compreensão de um processo já existente de alocação de recursos, onde 5 artigos utilizam-se de técnicas como pesquisa qualitativa, revisão literária e simulação para este fim.

Após, utilizando-se de técnicas de programação, simulação e algoritmo, tem-se 3 artigos cujo objetivo é a diminuição do tempo do projeto. E, ao final, com foco na diminuição do custo dos projetos, têm-se 3 artigos que utilizam algoritmo de otimização por enxame de partículas, programação linear e Rede de Petri.

Figura 9: Mapa de distribuição dos estudos por fase abordada (eixo x) e técnicas ou métodos utilizados (eixo y)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.4 Conclusões da revisão sistemática e trabalhos futuros

A área de alocação de recursos humanos no âmbito da gestão de projetos é de suma importância, o que justifica o presente mapeamento que busca compreender e categorizar o que tem sido produzido na literatura sobre o tema pesquisado.

Foi possível verificar que a maioria dos artigos apresentam novos métodos ou metodologias para alocar pessoas, enquanto apenas três abordam assuntos relacionados à automatização ou à melhoria em processos já existentes na alocação de recursos, e outros quatro abordam temas relacionados às pesquisas sobre avaliação de metodologias ou métodos.

Para a construção de novos modelos visando à alocação dos recursos, percebe-se que a maioria das pesquisas utiliza para esse fim modelos matemáticos com criação de algoritmos, subdivididos em diversas categorias. A maior parte dos trabalhos tem como principal foco melhorar a *performance* do projeto, enquanto poucos têm como principal foco melhorar o tempo do projeto, bem como mapear e analisar processos de alocação de recursos já existentes. Apenas

2 artigos apresentam foco de melhoria do custo do projeto. Trabalhos com foco em melhoria de custo e tempo, e trabalhos que analisem processos de alocação de recursos humanos já existentes, são pouco explorados na literatura.

Muito embora existam vários artigos que apresentem métodos de alocação dos recursos humanos em projetos, não foi encontrado nenhum artigo que apresente um sistema de alocação de recursos que permita que a organização indique o objetivo estratégico por ela perseguido, seja ele custo, tempo ou qualidade, e aloque pessoas baseando-se nisso.

Também, não foi encontrado nenhum modelo que utilize o conceito de aprendizado de máquina, permitindo ao sistema a capacidade de aprender com as alocações anteriores, e buscar sempre a realização de alocações mais eficazes. Esta é uma lacuna importante na literatura, que pode ser explorada em trabalhos futuros.

3.5 Tabela Comparativa

Para que se pudesse realizar um comparativo entre os trabalhos apresentados na revisão sistemática da literatura e o modelo SMARTALLOC proposto no presente trabalho, foi criada uma tabela comparativa (Tabela 6), que possui os seguintes critérios de comparação:

- **Intenção estratégica:** este critério analisa qual a intenção estratégica dos trabalhos relacionados, divididos em três categorias: inovação (novos métodos ou técnicas para melhorar a alocação de pessoas em projetos); melhoria (aperfeiçoamento de uma técnica ou método existente); entendimento (revisão de trabalhos relacionado à alocação de pessoas em projetos);
- **Baseado em Melhores Práticas:** neste critério, busca-se entender se algum dos modelos propostos nos trabalhos avaliados foi baseado em alguma orientação de Melhores Práticas, a exemplo do PMBOK, que é um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos;
- **Permite Granularidade Individual:** este critério especifica se o modelo/sistema para alocação de recursos humanos em projetos existente nos trabalhos, permite a realização de alocação de um único indivíduo. Se não tiver Granularidade Individual, significa que o modelo/sistema criado só permite alocações de grupos;
- **Método ou técnica utilizada:** neste critério é analisado entre os trabalhos relacionados quais os métodos ou técnicas utilizadas para alocação de recursos humanos, a fim de identificar modelos que tenham utilizado aprendizado de máquina anteriormente;
- **Utiliza Histórico das Alocações/Recursos Anteriores:** este último critério de comparação busca sinalizar quais estudos utilizam um histórico de recursos humanos ou de dados de alocações feitas anteriormente para realizar as alocações de recursos humanos em projetos.

Após a definição dos critérios de comparação das características de cada trabalho presente na revisão sistemática, apresenta-se na 6 a comparação entre os 25 artigos selecionados e o modelo SMARTALLOC. Na comparação, aspectos importantes surgem para comentários.

Nenhum modelo/sistema pesquisado permite que seja escolhida uma alocação que se baseie nos objetivos estratégicos (custo, tempo ou qualidade) escolhidos pela empresa. Esta é uma das lacunas percebidas que o modelo SMARTALLOC traz como contribuição neste trabalho.

Dentro os trabalhos pesquisados, 18 artigos enquadram-se no mesmo critério de **Intenção Estratégica** do modelo SMARTALLOC de “inovação”, isto é, buscam resolver os problemas de alocações de recursos por meio de desenvolvimento de novos métodos ou técnicas. Os demais artigos referem-se a melhorias em métodos existentes ou revisões de literatura.

O critério **Método ou Técnica** explicita a tecnologia empregada em cada trabalho. Dentre os modelos e técnicas pesquisados, nenhum artigo utilizou aprendizado de máquina para melhorar a qualidade de alocações em projetos.

No critério **Melhores práticas**, existem 9 trabalhos que utilizam guias de melhores práticas, como o PMBOK (2013) ou equivalentes para realizar de alocações.

A grande maioria dos 25 trabalhos analisados permite a **Granularidade Individual**, isto é, que o processo de alocação possa ocorrer com até um indivíduo e não somente em grupos.

No critério **Utiliza Histórico de Alocações/Recursos anteriores**, somente 1 trabalho relacionado atendeu em parte ao critério, o que evidencia outra lacuna dentre as soluções existentes para o problema de alocações de recursos.

O trabalho de Filippetto et al. (2016) é o estudo que mais se aproxima do modelo SMARTALLOC proposto, pois utiliza granularidade individual, observa modelo de melhores práticas e faz uso de um histórico de contexto dos recursos (embora não utilize histórico de alocações anteriores). A diferença entre os modelos está na questão do trabalho de Filippetto et al. (2016) não utilizar o conceito de aprendizado de máquina, o que impossibilita o modelo criado de aprender o modo como são feitas as alocações e passar a sugerir alocações baseadas nisso. Além disso, o modelo de Filippetto et al. (2016) não permite que a empresa introduza no sistema a escolha do objetivo estratégico da organização desejado (custo, tempo ou qualidade) para que as sugestões de alocações busquem atingir este objetivo.

Após a realização da discussão sobre os comparativos entre os trabalhos pesquisados, evidencia-se o diferencial que o modelo SMARTALLOC possui em relação aos outros modelos/sistemas já existentes em outros trabalhos. O modelo SMARTALLOC utiliza um algoritmo de aprendizado de máquina que permite que o modelo aprenda e entenda como as alocações são feitas e realize as próximas sugestões de alocações baseando-se no histórico anterior. Além disso, permite granularidade individual, é baseado em modelo de Melhores Práticas e traz a possibilidade de escolha do objetivo estratégico que as alocações realizadas buscarão (custo, tempo ou qualidade).

Tabela 6: Comparação de características de trabalhos relacionados.

Artigo	Intenção Estratégica	Baseado em Melhorias Práticas	Permite Granularidade Individual	Técnica / Método	Utiliza Histórico das Alocações / Recursos Anteriores
(KUMAR; GA-NESH, 1998)	Inovação	Não	SIM	Rede de Petri	Não
(HENDRIKS; VOETEN; KROEP, 1999)	Entendimento	Não	SIM	Revisão Literatura	Não
(KORVIN; SHI- PLEY; KLEYLE, 2002)	Inovação	Não	SIM	Lógica Fuzzy	Não
(SILVA; REIS; QUITES REIS, 2007)	Melhoria	SIM	SIM	Políticas de Instanciação	Não
(ZHOU, 2008)	Inovação	Não	SIM	Algoritmo de Criação Própria	Não
(COSTA; SILVA; BASTOS, 2009)	Inovação	SIM	SIM	Programação Linear	Não
(CHEN; YUN; WANG, 2009)	Inovação	Não	SIM	Simulação	Não
(WENG et al., 2010)	Inovação	Não	SIM	DEA (Data Envelop Analysis)	Não
(SHAN; JIANG; HUANG, 2010)	Inovação	Não	SIM	Algoritmo Genético	Não
(STYLIANOU; ANDREOU, 2012)	Inovação	SIM	SIM	Algoritmo Genético	Não
(SILVA; COSTA, 2012)	Inovação	SIM	SIM	Programação Dinâmica	Não

Continua na próxima página

Tabela 6 – *Continuação da página anterior*

Artigo	Intenção Estratégica	Baseado em Melhores Práticas	Permite Granularidade Individual	Técnica / Método	Utiliza Histórico das Alocações/Recursos Anteriores
(BALLESTEROS-PEREZ; GONZALEZ-CRUZ; FERNANDEZ-DIEGO, 2012)	Inovação	Não	SIM	Técnica Sociométrica	Não
(DORES; LOPES; REIS, 2012)	Entendimento	SIM	SIM	Pesquisa Qualitativa	Não
(SELARU, 2012)	Melhoria	Não	SIM	Simulação	Não
(BESIKCI; BILGE; ULUSOY, 2012)	Inovação	Não	SIM	Algoritmo Genético	Não
(ANWAR; BIBI; AHSAN, 2013)	Inovação	SIM	SIM	Expertise Based Skill Management	Não
(ZARAKET; OLLEIK; YASSINE, 2013)	Inovação	Não	SIM	Programação Linear	Não
(PONSTEEN; KUSTERS, 2014)	Entendimento	Não	Não	Revisão Literatura	Não
(BIBI; AHSAN; ANWAR, 2014)	Melhoria	Não	SIM	Search Based Software Engineering	Não
(KAIBIN et al., 2014)	Inovação	Não	SIM	Algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas	Não
(GEROGIANNIS et al., 2015)	Inovação	Não	SIM	Lógica Fuzzy	Não
(TAG, 2015)	Inovação	SIM	SIM	Simulação	Não

Continua na próxima página

Tabela 6 – *Continuação da página anterior*

Artigo	Intenção Estratégica	Baseado em Melhores Práticas	Permite Granularidade Individual	Técnica Método	/ Utiliza Histórico das Alocações/Recursos Anteriores
(BARBOSA; ELIAS, 2015)	Inovação	Não	Não	Ontologia	Não
(FILIPPETTO et al., 2016)	Inovação	SIM	SIM	Ontologia	NÃO
(OLIVEIRA; SOUZA; REIS, 2009)	Entendimento	SIM	Não Especificado	Pesquisa Qualitativa	SIM
SMARTALLOC	Inovação	SIM	SIM	Aprendizado de máquina	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou os resultados obtidos pela revisão sistemática realizada na área de alocação de recursos humanos em projetos. Para apresentar uma comparação entre as características dos trabalhos utilizados na revisão sistemática e o modelo SMARTALLOC proposto neste trabalho, foi desenvolvida a Tabela 6 que evidencia as diferenças e relações entre os trabalhos. As características elencadas na Tabela 6 auxiliam no entendimento dos diferenciais do modelo SMARTALLOC perante outros estudos desenvolvidos na mesma área: possibilidade de escolha do objetivo estratégico (custo, tempo ou qualidade), utilização de históricos de projetos e recursos aliados ao algoritmo de aprendizado de máquina para melhoria das alocações futuras. O modelo proposto neste trabalho será detalhado no próximo capítulo.

4 O MODELO SMARTALLOC

Neste capítulo é apresentado o modelo desenvolvido neste trabalho, intitulado SMARTALLOC. A primeira seção abrange uma visão geral do modelo. A segunda seção apresenta os requisitos funcionais da aplicação, bem como os Casos de Uso. A arquitetura do modelo é apresentada na terceira seção, contendo as especificações, descrição de cada módulo, e armazenamento dos dados. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações sobre o capítulo.

4.1 Visão Geral do Modelo SMARTALLOC

O modelo de alocação SMARTALLOC, é uma ferramenta que combinada com o conceito de aprendizado de máquina, auxilia no processo de alocação dos recursos humanos em projetos. O sistema possibilita que a etapa de alocação seja automatizada e capaz de se adaptar ao modo como as organizações costumam realizar as alocações, baseando-se também nos objetivos estratégicos da empresa.

O modelo funciona armazenando dados de projetos anteriores, criando um histórico das alocações dos recursos humanos nos mesmos. Deste histórico, o modelo é capaz de extrair informações que o possibilitam escolher o melhor recurso para alocar em uma determinada tarefa, visando atingir o objetivo estratégico escolhido pela empresa, seja ele realizar projetos com menor custo, projetos com tempo reduzido ou projetos que visem atingir níveis mais altos de qualidade.

São características gerais do modelo:

- **Utilização de histórico:** o modelo funciona a partir da coleta de informações de projetos anteriores e informações relacionadas aos recursos humanos, utilizando-as para realizar a alocação de recursos nas tarefas ao longo do projeto. As informações pertinentes aos projetos e recursos, serão detalhadas na seção 4.3.2;
- **Granularidade:** O modelo concentra-se em cada alocação individualmente, analisando o objetivo estratégico escolhido pela empresa, e alocando o recurso que melhor se encaixa em cada situação.
- **Objetivo Estratégico:** Alocação será realizada baseando-se no objetivo estratégico determinado pela empresa no momento da importação de um novo projeto.
- **Monitoramento:** O sistema permite que o usuário, seja ele o gerente de projetos ou cliente, possam acompanhar o andamento do projeto em tempo real.

4.2 Requisitos

4.2.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais apresentados neste tópico mostram as principais características do modelo SMARTALLOC. A seguir, apresenta-se as funções e uma breve explicação de cada uma delas:

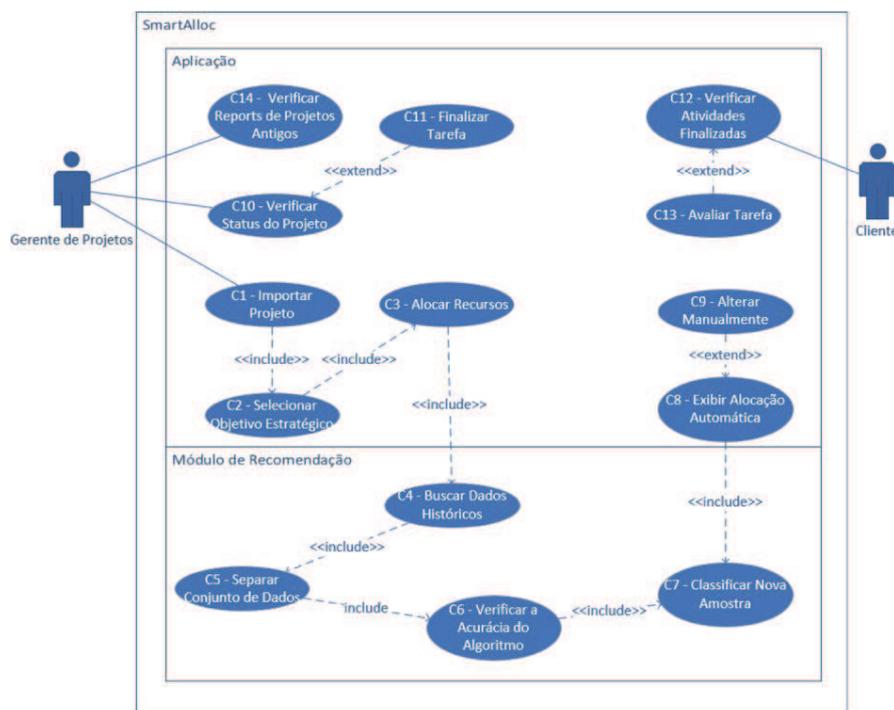
- **Utilizar banco de dados não relacional:** Armazenamento de diversos dados em um único registro sem a necessidade de criar relacionamento entre várias tabelas em um banco de dados, garantindo assim, uma maior escalabilidade.
- **Importar dados em XML:** Importação de dados em formato XML.
- **Selecionar objetivo estratégico do projeto:** Possibilidade de selecionar manualmente uma dentre três opções de objetivo estratégico (custo, tempo e qualidade).
- **Verificar os dados históricos:** Capacidade para armazenar e interpretar dados anteriores de projetos.
- **Verificar Acurácia:** Capacidade para verificar a acurácia do modelo de aprendizado de máquina.
- **Classificar Tarefas:** Classificação das tarefas utilizando aprendizado de máquina.
- **Atribuir atividades através do algoritmo de aprendizado de máquina:** Análise e interpretação de dados anteriores de alocações, e realização de alocações de recursos humanos nas tarefas de forma automatizada.
- **Permitir alocação manual:** Possibilitar alocações manuais de recursos humanos nos projetos.
- **Permitir atribuição de grau de qualidade pelo cliente:** Possibilitar ao cliente do projeto, atribuir um grau de qualidade para cada tarefa realizada.

4.2.2 Casos de Uso

Após a apresentação das especificações dos requisitos funcionais do modelo, são apresentados nesta subseção os Casos de Uso do modelo SMARTALLOC. O Diagrama de Casos de Uso é o diagrama mais geral da UML (Linguagem de Modelagem Unificada), cuja facilidade de compreensão permite que seja utilizado principalmente na fase de Levantamento e Análise de Requisitos. Ele pode servir de base para outros diagramas mais específicos. Neste diagrama, busca-se entender quem serão os atores (usuários, sistemas) que irão fazer uso do sistema (GUEDES, 2011).

Os dois atores usuários do modelo SMARTALLOC são denominados “Gerente de Projetos” e “Cliente”. A Figura 10 mostra, através do diagrama, as ações dos atores.

Figura 10: Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Gerente de Projetos é responsável por Importar o projeto (C1), Selecionar o objetivo estratégico (C2), Iniciar no sistema a etapa de Alocar Recursos (C3), Verificar Status do projeto (C10), Finalizar Tarefa caso concluída (C11), Verificar Relatórios de Projetos Antigos (C14) e Alterar Manualmente uma alocação de recursos (C9), caso não aceite a sugestão.

O Cliente é responsável por Verificar Atividades Finalizadas (C12) e Avaliar as Tarefas (C13) após a conclusão da alocação de recursos.

No diagrama da Figura 10, verifica-se que os Casos de Uso do SMARTALLOC estão divididos entre dois submódulos: Módulo de Aplicação e Recomendação. No Módulo de Recomendação ocorrem as ações relativas ao fluxo de recomendação de recursos humanos. Os Casos de Uso que ocorrem neste módulo são os seguintes:

- **Buscar Dados Históricos (C4):** Nesta ação, o sistema acessa as informações históricas referentes à projetos e recursos humanos, no banco de dados.
- **Separar Conjunto de Dados (C5):** Neste Caso de Uso, o sistema separa as informações dos dados históricos em dois conjuntos, um de treinamento e outro de teste, destinados à verificação da acurácia do modelo de classificação.

- **Verificar Acurácia do Algoritmo (C6):** Nesta ação, é verificada a taxa de acerto do algoritmo no conjunto de dados de treinamento.
- **Classificar Nova Amostra (C7):** Neste Caso de Uso, é realizada a classificação das novas atividades em relação aos seus respectivos recursos humanos.

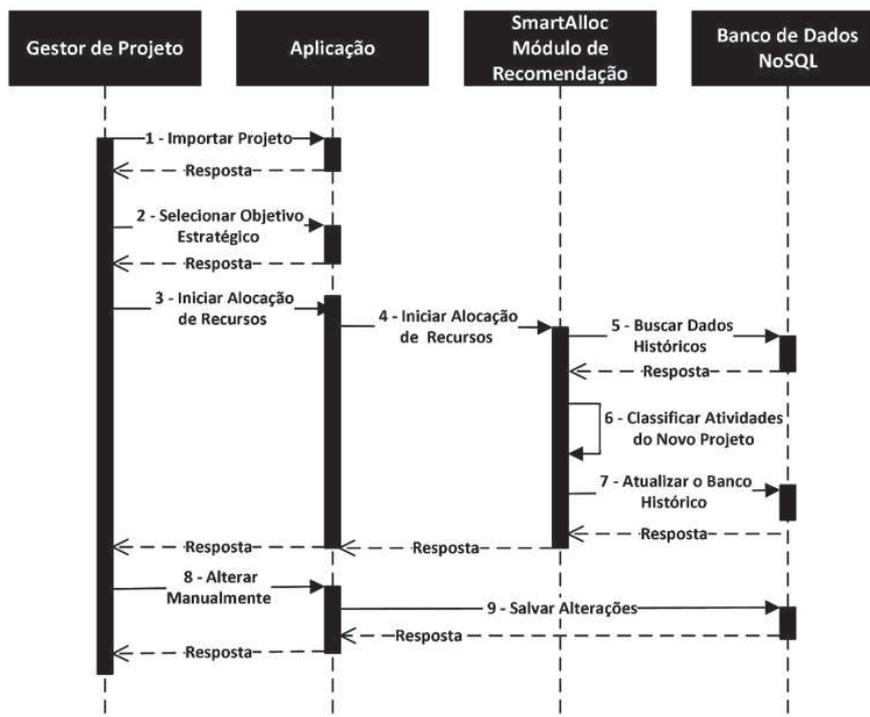
Após a classificação da nova amostra (C7) e seguindo o fluxo de recomendação ocorre o Caso de Uso Exibir Alocação Automática (C8), que atua no submódulo de Aplicação. Esta ação significa a apresentação da alocação automática em determinada tarefa recomendada pelo Módulo de Recomendação. Se o Gerente de Projetos não acatar a recomendação automática do modelo, ele poderá através da ação (C9), realizar a alocação manual de acordo com a disponibilidade dos recursos.

4.2.3 Diagrama de Sequência

O Diagrama de Sequência é um diagrama que tem por objetivo demonstrar a ordem temporal em que as mensagens entre os atores identificados são trocadas, baseando-se no Diagrama de Casos de Uso realizado anteriormente na Figura 10 (GUEDES, 2011).

A Figura 11 apresenta o Diagrama de Sequência baseado anteriormente nos Casos de Uso do modelo SMARTALLOC.

Figura 11: Diagrama de Sequência



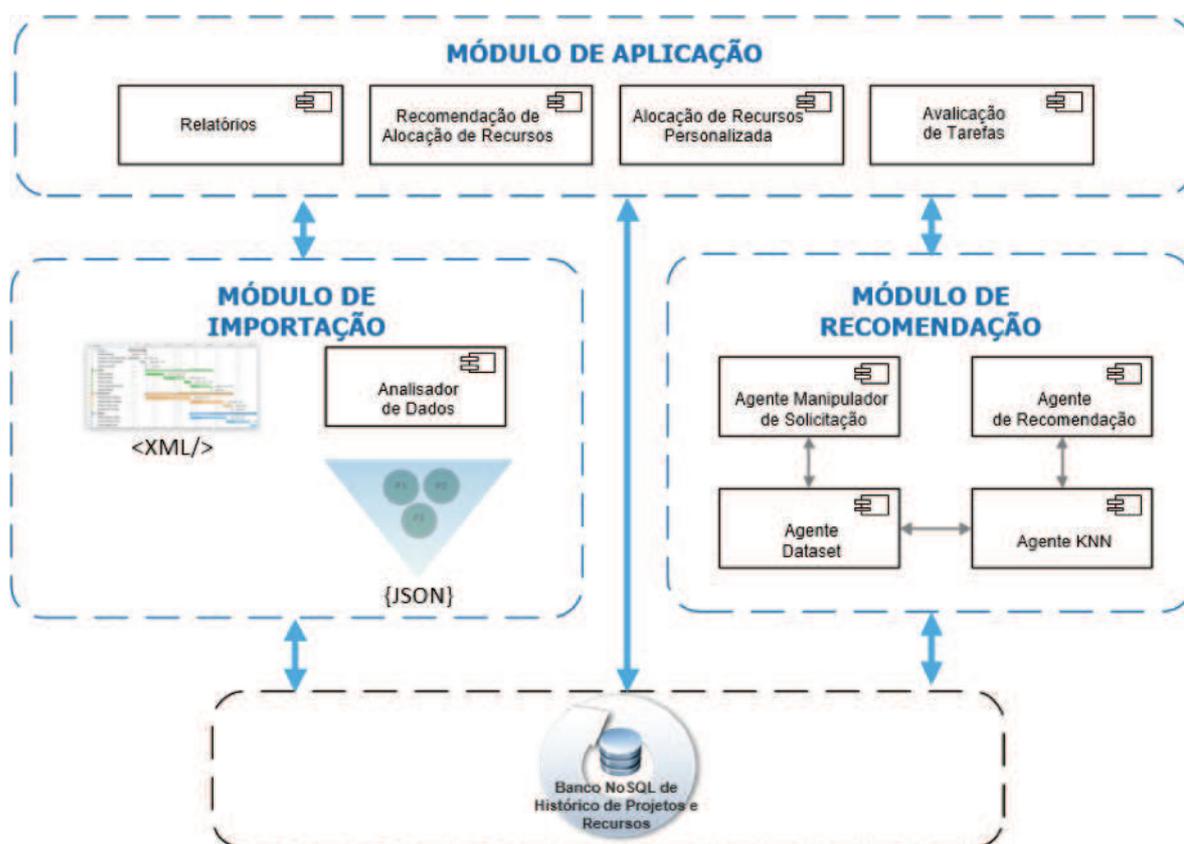
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme visto na Figura 10, a mensagem inicial parte do Gerente de Projetos, segue até a aplicação, retorna ao Gerente, e assim segue o fluxo de informações trocadas entre Gerente de Projetos, Aplicação, Módulo de Recomendação e o Banco de Dados.

4.3 Arquitetura

Esta seção apresenta a arquitetura do modelo SMARTALLOC. A arquitetura é composta de três módulos, identificados como módulo de importação, módulo de recomendação, e módulo de aplicação, bem como uma estrutura de armazenamento baseado em banco de dados não relacional. A Figura 12 apresenta uma representação da arquitetura e seus componentes.

Figura 12: Arquitetura do modelo SMARTALLOC



Fonte: Elaborado pelo Autor.

As principais funções de cada módulo são detalhadas a seguir:

- **Módulo de Importação:** Este módulo é responsável por importar para a estrutura de armazenamento, projetos em formato XML, convertendo o arquivo para formato JSON.
- **Módulo de Recomendação:** É neste módulo que ocorre a principal função do modelo, onde através de um método de classificação de aprendizado de máquina, é feita a recomen-

dação da alocação dos recursos humanos nas tarefas distribuídas ao longo do projeto, respeitando o objetivo estratégico escolhido pela empresa.

- **Módulo de Aplicação:** Este módulo é o responsável pela conexão e gerenciamento dos demais módulos, e interface com o usuário.
- **Estrutura de Armazenamento:** Responsável por armazenar em um banco de dados não relacional, o histórico dos projetos e dos recursos.

A seguir serão descritos detalhadamente os componentes de cada módulo.

4.3.1 Módulo de importação

O Módulo de Importação carrega os dados de novos projetos para o SMARTALLOC. É necessário que os arquivos estejam em formato XML. Estes dados estão contidos nas Estruturas Analíticas de Projetos (EAP) onde está estruturado o planejamento do projeto, a exemplo do cálculo da duração, custo e estimativa de recursos (QUAIUM A. K. M. Z.; SHAHRIAR, 2009). A Figura 13 mostra o EAP de um projeto. O módulo recebe os dados dos projetos em XML e realiza a conversão para o formato JSON, para posterior armazenamento no banco de dados.

Figura 13: EAP de um projeto

Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Nomes dos recursos
1 Plano de TI	34 dias	18/Ago/10	04/Out/10		
1.1 Reunião Inicial	1 dia	18/Ago/10	18/Ago/10		Analista de Sistemas, Gerente de Projeto, Desenvolvedores
1.2 Planejamento - Software	26 dias	19/Ago/10	22/Set/10		
1.2.1 Análise do Sistema	10 dias	19/Ago/10	01/Set/10		
1.2.1.1 Levantar Dados e Processos	2 dias	19/Ago/10	20/Ago/10	2	Analista de Sistemas[200%]
1.2.1.2 Analisar Regras de Negócio e Criar Escopo	4 dias	23/Ago/10	26/Ago/10	5	Analista de Sistemas[200%]
1.2.1.3 Elaborar Especificação Técnica e Funcional	3 dias	27/Ago/10	31/Ago/10	6	Analista de Sistemas[200%]
1.2.1.4 Criar Dicionário de Dados e Diagramas UML	1 dia	01/Set/10	01/Set/10	7	Analista de Sistemas[200%]
1.2.1.5 Análise do sistema concluído	0 dias	01/Set/10	01/Set/10	8	
1.2.2 Desenvolvimento	10 dias	02/Set/10	15/Set/10		
1.2.2.1 Preparação de Ambiente de Desenvolvimento	2 dias	02/Set/10	03/Set/10	9	Desenvolvedores[200%]
1.2.2.2 Programar Módulos para Back-End e Front-End	8 dias	06/Set/10	15/Set/10	11	Desenvolvedores[200%]
1.2.2.3 Sistema Desenvolvido	0 dias	15/Set/10	15/Set/10	12	
1.2.3 Testes e Homologação	5 dias	16/Set/10	22/Set/10	13	
1.2.3.1 Testar Módulos do Sistema e Homologar	5 dias	16/Set/10	22/Set/10		Desenvolvedores, Analista de Sistemas
1.2.3.2 Módulos do Sistemas Testados e Homologados	0 dias	22/Set/10	22/Set/10	15	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 13 estão relacionadas as etapas do projeto, sua duração em dias, data de início e término, tarefas predecessoras e nomes dos recursos humanos alocados em cada tarefa.

A Figura 14 mostra a conversão dos dados de XML para JSON. Ao analisar as tags do código em XML, pode-se verificar que elas se mantêm ao serem convertidas para o formato JSON, exibindo uma forma simplificada de notação. Este é o um dos benefícios de utilizar arquivos em formato JSON. Após a conversão, os dados serão armazenados no banco de dados.

Figura 14: Conversão de XML para JSON

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?> <xml />
2 <Project xmlns="http://schemas.microsoft.com/project">
3   <Title>Plano de TI</Title>
4   <StartDate>2010-08-18T09:00:00</StartDate>
5   <FinishDate>2010-10-04T18:00:00</FinishDate>
6   <CurrentDate>2018-02-14T08:00:00</CurrentDate>
7   <Tasks>
8     <Task>
9       <ID>1</ID>
10      <Name>Reunião Inicial</Name>
11      <Start>2010-08-18T09:00:00</Start>
12      <Finish>2010-08-18T18:00:00</Finish>
13      <Duration>PT8H0M0S</Duration>
14      <Cost>52000</Cost>
15    </Task>
16  </Tasks>
17  <Resources>
18    <Resource>
19      <ID>1</ID>
20      <Name>Analista de Sistemas</Name>
21      <Cost>416000</Cost>
22    </Resource>
23  </Resources>
24 </Project>

```

```

1 {
2   "Project": {
3     "-xmlns": "http://schemas.microsoft.com/project",
4     "Title": "Plano de TI",
5     "StartDate": "2010-08-18T09:00:00",
6     "FinishDate": "2010-10-04T18:00:00",
7     "CurrentDate": "2018-02-14T08:00:00",
8     "Tasks": {
9       "Task": {
10        "ID": "1",
11        "Name": "Reunião Inicial",
12        "Start": "2010-08-18T09:00:00",
13        "Finish": "2010-08-18T18:00:00",
14        "Duration": "PT8H0M0S",
15        "Cost": "52000"
16      }
17    },
18    "Resources": {
19      "Resource": {
20        "ID": "1",
21        "Name": "Analista de Sistemas",
22        "Cost": "416000"
23      }
24    }
25  }
26 }

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

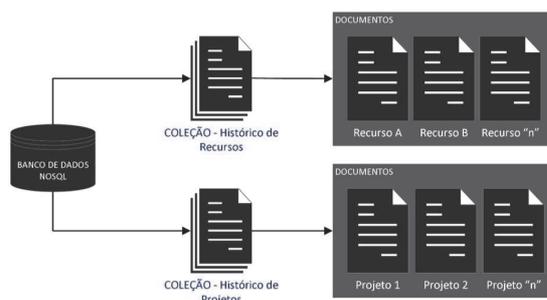
4.3.2 Armazenamento dos Dados

Os dados referentes a projetos, tanto já concluídos como em planejamento, serão armazenados em um banco de dados não relacional. Este tipo de banco de dados também é conhecido pelo nome de NoSQL.

O NoSQL armazena dados não estruturados, a exemplo de documentos. São desenvolvidos para escalabilidade horizontal, ou seja, adição de mais capacidade através da inserção de novos servidores em um *cluster*, sendo utilizados pela capacidade de gerenciar grandes conjuntos de dados (Baralis et al, 2017).

A Figura 15 expõe a estrutura do banco de dados não relacional utilizado.

Figura 15: Estrutura do banco de dados NOSQL

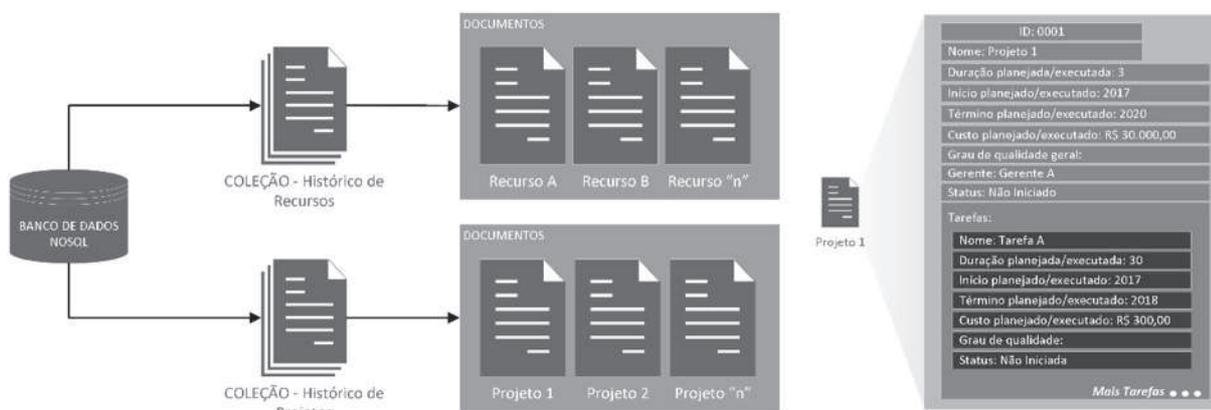


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme mostra a Figura 15, o banco de dados NoSQL possui duas coleções de dados: uma coleção contendo o histórico dos dados dos recursos humanos disponíveis na organização e a outra contendo os dados históricos de projetos anteriores.

Dentro de cada coleção apresentam-se vários documentos em formato JSON. A Figura 16 exemplifica quais os principais atributos de um projeto são armazenados em cada documento, usando como exemplo o documento “Projeto 1”.

Figura 16: Exemplo de atributos armazenados Projeto 1



Fonte: Elaborado pelo Autor.

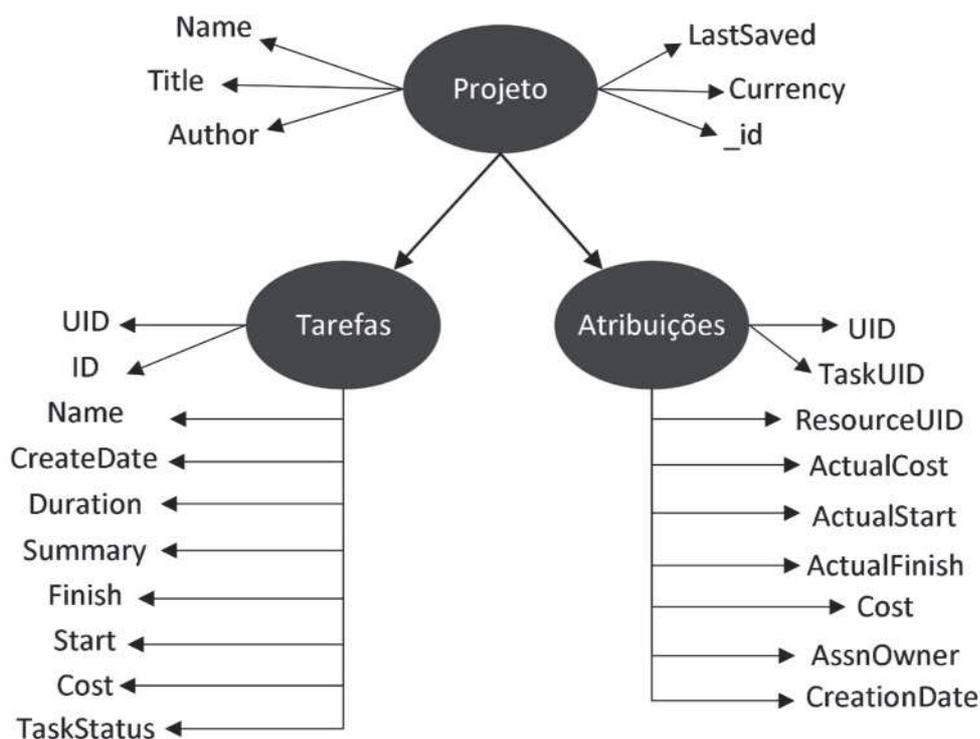
Conforme visto na figura, os seguintes atributos são descritos no documento Projeto 1:

- **ID:** Fornece um número identificador do documento, neste caso, 0001.
- **Nome:** Apresenta-se o nome dado ao Projeto, neste caso, Projeto 1.
- **Duração planejada/executada:** Fornece a duração em dias do projeto, tanto da duração que foi planejada inicialmente, quanto a duração final do projeto.
- **Início planejado/executado:** É informado a data inicial planejada do projeto, e a data que efetivamente o projeto foi iniciado.
- **Término planejado/executado:** É informado a data final planejada do projeto, e a data que efetivamente o projeto foi encerrado.
- **Custo planejado/executado:** Informa o custo orçado inicialmente para o projeto, e o custo que o projeto efetivamente gerou no seu término.
- **Grau de Avaliação Geral:** É a média geral das notas atribuídas para as tarefas realizadas ao longo do projeto.
- **Gerente:** Informa o nome do Gerente de Projetos responsável pela condução deste projeto.

- **Status:** Informa o *status* do projeto, podendo ser uma de três possibilidades: Não iniciado, em andamento ou concluído.
- **Tarefas:** Dentro do documento de cada projeto, existe um segmento diferenciado do resto dos atributos, chamado “Tarefas”. Neste segmento são descritas as informações relacionadas à cada atividade do projeto.

A Figura 17 apresenta o armazenamento formal da coleção de projetos históricos no banco de dados NoSQL. Esta representação mostra um modelo de hierarquia do banco de dados, onde os principais atributos são armazenados com as informações sobre os projetos, tarefas e atribuições. O documento armazenado nesta coleção está em formato JSON que permite uma integração maior com as linguagens de mercado, como o Python, Go, C#.

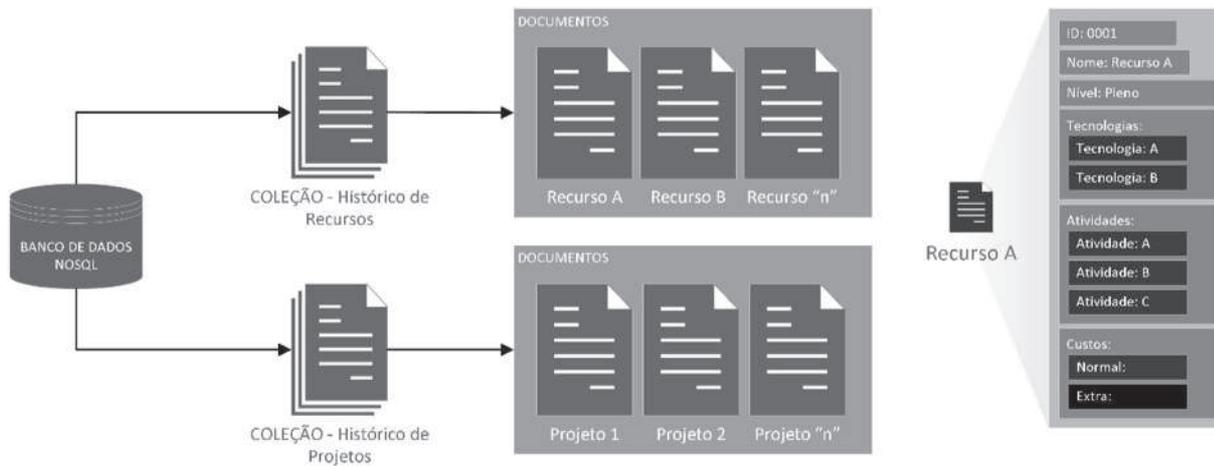
Figura 17: Representação formal dos armazenamentos de “Projeto 1”



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 18 apresenta, dentro da coleção de histórico de recursos, quais os atributos de um recurso humano são armazenados nos documentos, como por exemplo, o documento “Recurso A”.

Figura 18: Exemplo de atributos armazenados em “Recurso A”



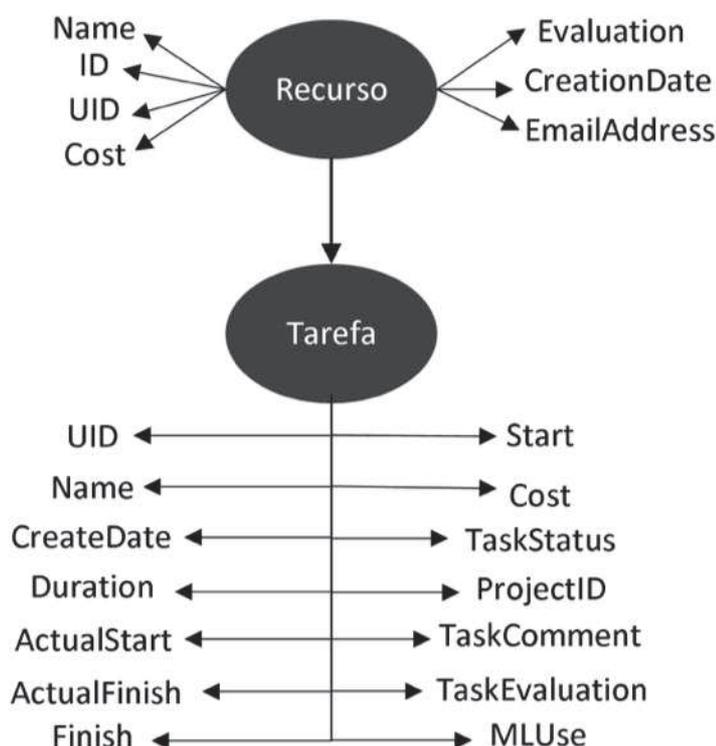
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme a Figura 18, podem-se observar os seguintes atributos dentro do documento Recurso A:

- **ID:** Fornece um número identificador do documento, neste caso, 0001.
- **Nome:** Apresenta-se o nome dado ao Recurso Humano, neste caso, Recurso A.
- **Nível:** Informa o nível de experiência do recurso humano, podendo ser uma de três possibilidades: Júnior, Pleno ou Sênior.
- **Tecnologias:** São descritas as tecnologias as quais o recurso humano possui conhecimento.
- **Atividades:** São listadas as atividades que o recurso humano executou anteriormente em outros projetos.
- **Custos:** Apresenta-se o custo do valor hora do Recurso A, bem como o quanto seria o custo de uma hora extra deste mesmo recurso.

A Figura 19 mostra o armazenamento formal do Recurso A na coleção de históricos de recursos no banco de dados. Os atributos caracterizam o recurso e as suas respectivas tarefas em formato JSON.

Figura 19: Representação formal dos armazenamentos de “Recurso A”



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como visto nas descrições anteriores das Figuras 16 a 19, os documentos armazenados no banco de dados não relacional guardam informações, tanto de projetos quanto dos recursos humanos. Para que estes dados configurem um histórico é necessário que os mesmos sejam armazenados ao longo do tempo para que o algoritmo faça uma análise da evolução, referindo-se aos recursos humanos, ou uma comparação, referindo-se aos projetos.

Na Figura 20, é exemplificado o processo de formação de histórico dos projetos, observando-se uma linha temporal, onde no ano de 2016, foram realizados e importados para o banco de dados, dois projetos, e as informações citadas anteriormente nos atributos de cada projeto, foram armazenadas em documentos nomeados “Projeto 1” e “Projeto 2”. Em 2017, mais dois projetos foram realizados, sendo suas informações adicionadas à coleção de documentos de projetos, cada um em um arquivo de documento distinto, nomeados “Projeto 3” e “Projeto 4”, constando acima dos “Projetos 1” e “Projeto 2”, já existentes como históricos do ano anterior. Em 2018, mais dois projetos foram concluídos, “Projeto 5” e “Projeto 6”, sendo adicionados à coleção de Projetos 1, 2 3 e 4, já existentes no histórico.

Os projetos na cor cinza, são os que já se configuram como histórico, pois suas informações já foram armazenadas, e se encontram disponíveis para que o algoritmo realize consultas e comparações. Quanto mais projetos são adicionados à coleção, aumenta-se a informação histórica de projetos já realizados.

Figura 20: Exemplo de formação de histórico de projetos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 21, exemplifica a formação de histórico dos dados de recursos humanos, constando um exemplo de formação de histórico de dados de dois recursos, Recurso A e Recurso B, de determinada organização. Como pode-se perceber, são citados os atributos explicados anteriormente, de cada recurso, no ano de 2016 e 2017. Na coleção de dados “Histórico de Recursos”, vão existir os documentos nomeados “Recurso A” e “Recurso B”. A cada mudança ocorrida nos atributos mencionados, o modelo incluirá esta informação dentro do arquivo já existente, estendendo seus atributos. Na Figura 19, foi mostrada periodicidade anual da evolução dos históricos apenas por questão de demonstração, sendo que qualquer periodicidade poderia ser escolhida para o demonstrativo.

No caso do Recurso A, de 2016 para 2017, o mesmo teve uma evolução de nível, passando de nível “Júnior” para “Pleno”, recebendo inclusive, um aumento do seu valor hora, como pode ser visto na figura. Além disso, adquiriu conhecimento em mais duas novas tecnologias, “C” e “D”, e esteve alocado em mais duas novas tarefas, tarefas “D” e “E”.

O Recurso B, por sua vez, de 2016 para 2017, também obteve evolução de nível, passando

de nível “Pleno” para “Sênior”, recebendo aumento em seu valor hora. Adquiriu conhecimento em mais duas tecnologias, “E” e “F”, e esteve alocado em duas novas tarefas ao longo deste tempo, tarefas “F” e “G”.

Figura 21: Exemplo de formação de histórico de Recursos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para formação de histórico, o modelo utilizará principalmente as informações relativas às tarefas executadas, pois o algoritmo poderá realizar consultas resgatando informações relacionadas à execução das tarefas. Estas informações serão principalmente relacionadas ao objetivo estratégico definido. As outras informações, apesar de serem necessárias para análise do algoritmo em determinadas situações, não são consideradas informações históricas, pois o que importará ao algoritmo é a situação atual do recurso na questão, como, por exemplo, o fato de hoje o Recurso B ser “Sênior”.

4.3.3 Módulo de Recomendação

O Módulo de Recomendação analisa os dados de projetos e alocações anteriores e realiza as recomendações de recursos humanos nos projetos observando a escolha do objetivo estratégico do projeto em questão (custo, tempo ou qualidade). O componente principal do Módulo de Recomendação é o algoritmo de classificação denominado k-Vizinhos Mais Próximos (k-NN) cujo funcionamento será mostrado a seguir.

Os dados de alocações anteriores são armazenados no banco de dados como vetores compostos de dois elementos principais: “X_j” e “Y_j”, onde “j” = 1, 2, 3 ..., n, sendo “j” a quantidade de tarefas históricas presentes no banco de dados. No cenário de alocação de recursos, “X_j” contém as informações sobre as tarefas históricas finalizadas e avaliadas, enquanto o segundo elemento “Y_j” é a nota atribuída à tarefa em questão pelo cliente, posteriormente analisada e modificada pelo algoritmo para uma nota “1” ou “0”. Considera-se este elemento como um rótulo binário, indicando com o número “1” que a tarefa foi corretamente alocada e “0” se foi erroneamente alocada. A Figura 22 mostra um exemplo de como é atribuído o rótulo binário “1” ou “0” para “Y_j”. Se a nota atribuída pelo Cliente para determinada tarefa for acima de 6, o algoritmo entenderá como uma tarefa que foi atribuída corretamente por ele, atribuindo a nota “1” para a tarefa. Se for menor que 6, o algoritmo entenderá que a recomendação de recurso feita foi errônea, atribuindo um “0” para a avaliação geral da tarefa. Para cada tipo de objetivo estratégico escolhido (custo, tempo ou qualidade) a métrica de avaliação das notas utilizada pelo algoritmo para decidir sobre uma tarefa bem ou mal alocada sofrerá modificação.

Figura 22: Exemplo de atribuição de Rótulo Binário



Fonte: Elaborado pelo Autor.

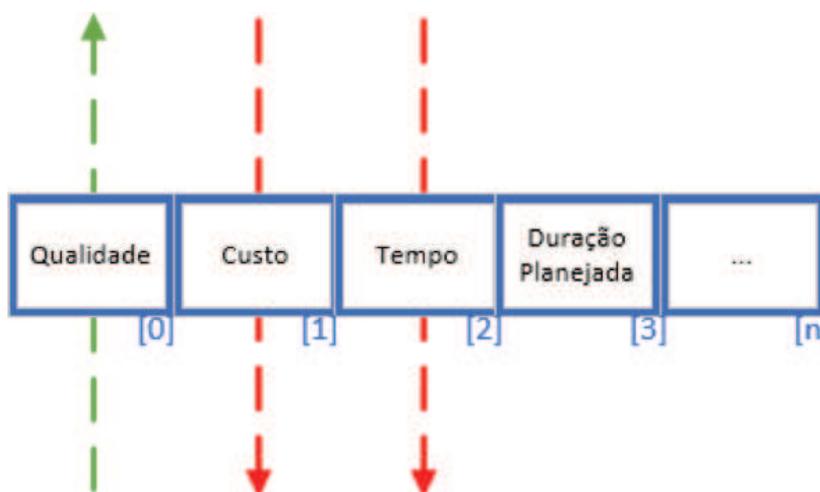
Para realizar a predição do recurso humano a ser atribuído para uma nova tarefa X₁, sendo $j=1$, são analisadas as “K” tarefas históricas mais similares com a nova amostra. Após a listagem das K tarefas históricas mais similares, são verificados quais os recursos humanos que

realizaram cada tarefa no passado, e com isso, o recurso humano que apresentar maior incidência nesta lista será escolhido como ideal para a nova tarefa. O algoritmo realiza depois da predição, a separação dos conjuntos de dados das tarefas históricas, afim de realizar a avaliação da acurácia do algoritmo, baseado nos dados históricos presentes no conjunto de dados, afim de verificar a assertividade das futuras predições.

O processo de classificação e recomendação do algoritmo k-NN explicado acima, é composto de alguns passos, sendo eles: Ponderação da Nova Tarefa, Determinação do termo K, Cálculo da Distância Euclidiana, Recomendação de Recurso Humano, Separação do conjunto de dados e Verificação da Acurácia. Estes passos serão explicados a seguir.

- (a) **Ponderação da nova tarefa:** Este passo, denominado ponderação da nova tarefa, é de suma importância no módulo de recomendação, pois é neste momento que se é levado em consideração o objetivo estratégico escolhido pela empresa, para o projeto. Esta informação será o balizador utilizado pelo algoritmo para ponderar os campos de custo, tempo e qualidade de acordo com a escolha do objetivo estratégico. A Figura 23 exemplifica a ponderação feita nas novas tarefas em um cenário onde a qualidade foi o objetivo estratégico escolhido.

Figura 23: Ponderação do Objetivo Estratégico



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme a Figura 23, pode-se notar a ponderação “positiva” da qualidade em detrimento do custo e do tempo, priorizando o objetivo estratégico escolhido anteriormente. Sempre quando houver a escolha do objetivo estratégico para determinado projeto, os demais fatores sofrerão detração, pois não há como aumentar, por exemplo, a qualidade de um projeto, sem que o algoritmo permita, para que se realize uma compensação, aumento de custos ou de tempo, conforme visto no capítulo 2, sobre o Triângulo de Ferro.

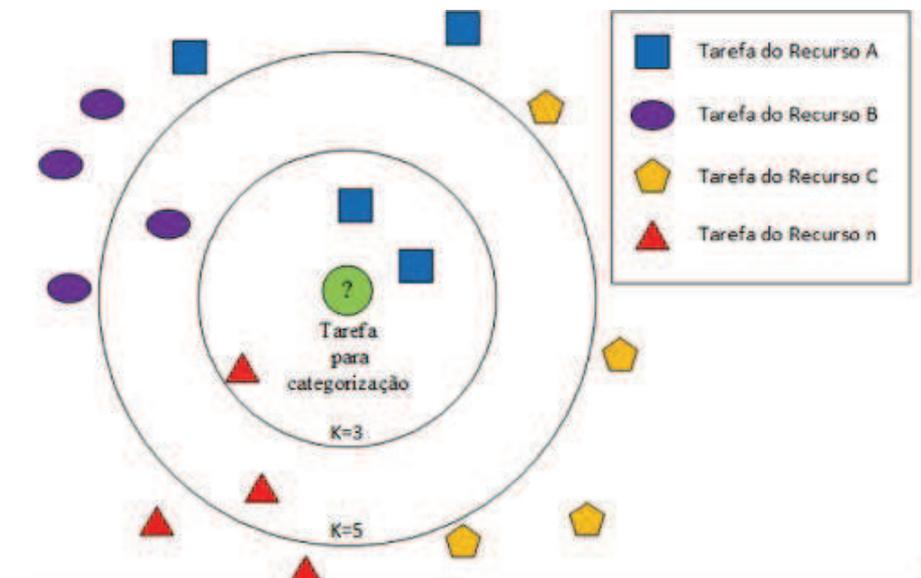
Os números 0, 1, 2, 3, até “n”, se referem aos atributos presentes no histórico das tarefas.

- (b) **Determinação do termo K:** Para realizar a classificação das novas tarefas no algoritmo de k-NN, primeiramente deve-se escolher o número de K, que será o número de tarefas similares utilizadas no momento da classificação. De acordo com Bhattacharya, Ghosh e Chowdhury (2015), as escolhas que normalmente são feitas para o número de K, são 1,3,5 ou raiz quadrada do número de tarefas existentes no conjunto de dados de treinamento (\sqrt{n}).

A Figura 24 exemplifica a função do termo K no algoritmo de k-NN. Conforme mostrado na figura, cada nova tarefa que será categorizada é representada pelo símbolo de interrogação. A nova tarefa será comparada com todo o conjunto de dados de tarefas históricas dos recursos, e as tarefas destes recursos estão representadas na figura através dos símbolos quadrado, triângulo, pentágono e elipse.

As zonas marcadas na figura representam os elementos mais próximos do número de K escolhido. O recurso que apresenta a maior incidência como realizador das “K” tarefas históricas, é alocado para a nova tarefa.

Figura 24: k-NN



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como visto em um dos exemplos da figura, o número escolhido para o K, é K=3, onde dos três elementos mais próximos encontrados, dois são tarefas pertencentes do Recurso A. Sendo ele possuidor da maior incidência na votação majoritária, a nova tarefa ficará então atribuída ao Recurso A.

- (c) **Cálculo da distância Euclidiana:** O cálculo da distância Euclidiana é a etapa que realiza no modelo, o cálculo da distância entre duas tarefas, sendo neste contexto as tarefas consideradas como pontos com n dimensões. A fórmula utilizada para o cálculo é demonstrada na Figura 25:

Figura 25: Cálculo da Distância Euclidiana

$$d(x, x') = \sqrt{(x_1 - x'_1)^2 + (x_2 - x'_2)^2 + \dots + (x_n - x'_n)^2}$$

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O algoritmo da distância Euclidiana, como mostrado no Algoritmo 2, é composto de duas fases. Na primeira fase é calculada a soma da diferença entre as unidades dos vetores elevada ao quadrado, e na segunda fase é calculada a raiz quadrada do somatório anteriormente encontrado.

Algoritmo 2: Cálculo da distância Euclidiana

Entrada: *Vetor1=(X1,X2,...,Xn); Vetor2=(X1,X2,...,Xn); /* conjuntos de dados */*

Saída: *Distância Euclidiana entre Vetores*

1 - **início**

2 - *somatorio = 0*

3 - **para** *indice ← 1 até Tamanho(Vetor1)* **faça**

/ soma da diferença entre as unidades dos vetores elevadas ao quadrado */*

4 - *somatorio ← (somatorio + Exp((v1[indice] - v2[indice]),(2)));*

5 - **fim para**

/ raiz quadrada do somatorio */*

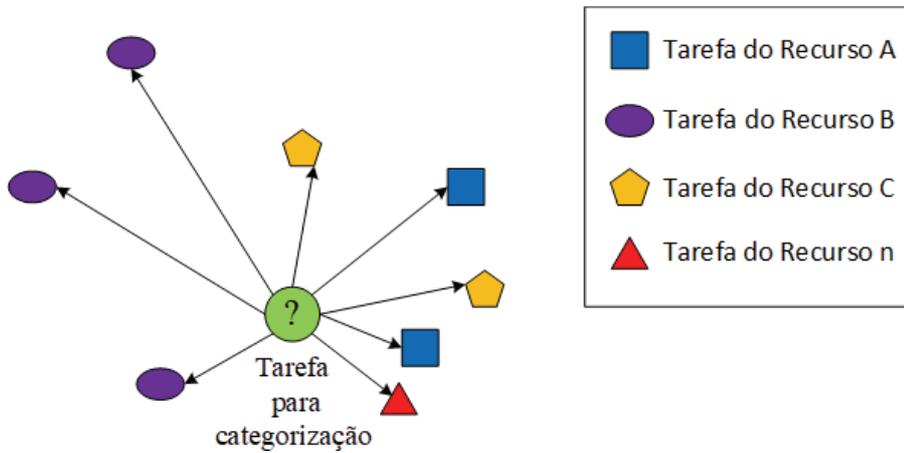
6 - *resultado = Raizq(somatorio)*

7 - *Retornar (resultado);*

8 - **fim**

Durante todo o processo de classificação executado pelo k-NN, o cálculo da distância é utilizado em dois momentos, durante o processo de predição e durante a verificação da acuracidade. Conforme mostrado no passo de Determinação do termo K, a Distância Euclidiana é responsável por calcular a distância afim de achar os pontos mais próximos do número de K escolhido. A Figura 26 representa o cálculo da distância entre os K mais próximos do K escolhido.

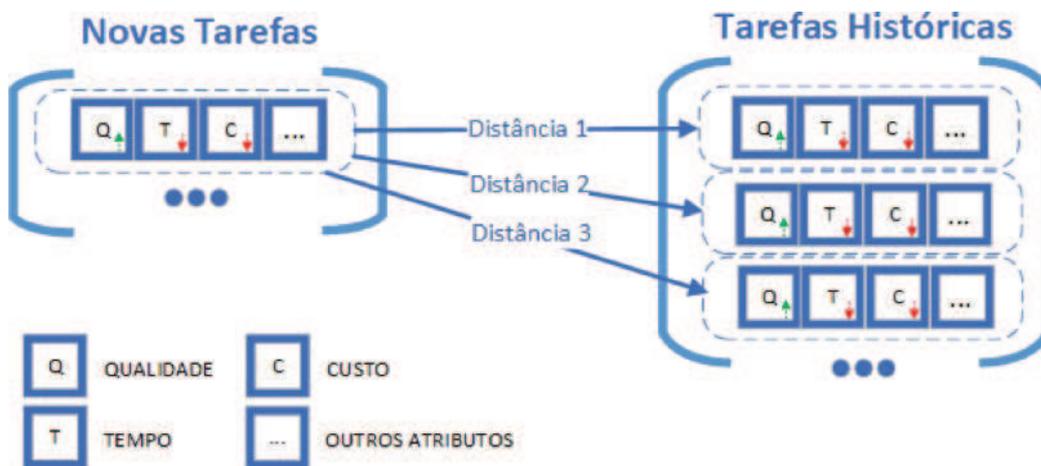
Figura 26: Distância Euclidiana



Fonte: Elaborado pelo Autor.

- (d) **Recomendação de Recurso Humano:** Nesta etapa ocorre a escolha e recomendação de um recurso humano nas novas tarefas. Para realizar esta predição são trazidas do banco de dados as novas tarefas já ponderadas de acordo com o objetivo estratégico escolhido. A Figura 27 apresenta o processo de recomendação de alocação.

Figura 27: Recomendação de recurso Humano



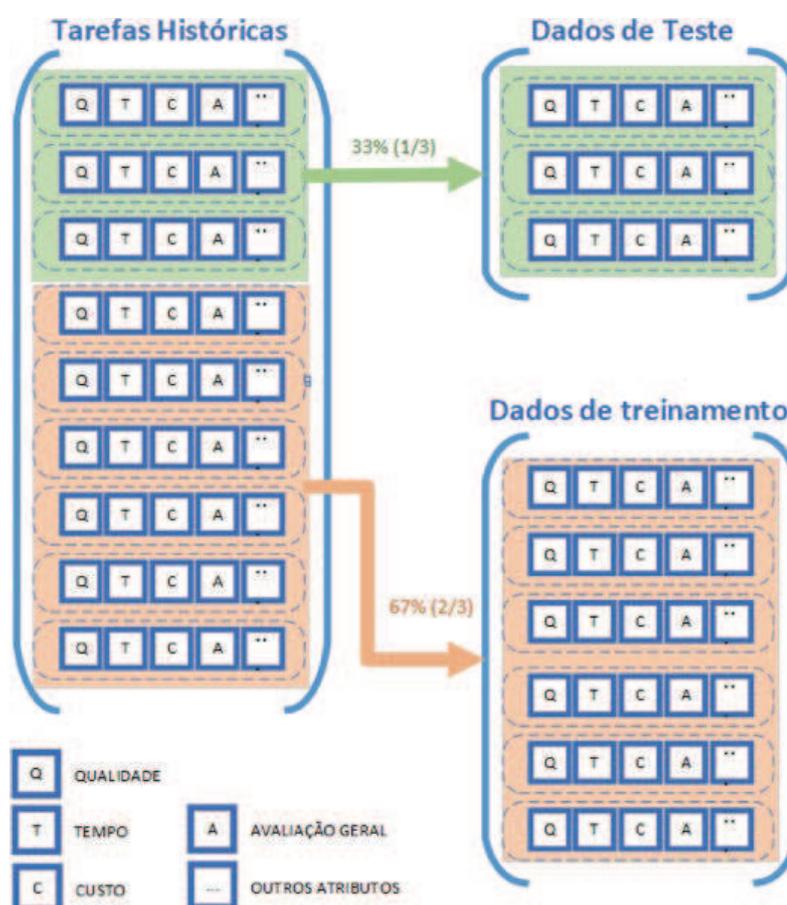
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Primeiramente, é calculada a distância de todas as tarefas históricas em relação à nova tarefa, utilizando o cálculo da distância Euclidiana. Cada tarefa na figura, está circundada por um retângulo pontilhado azul, e apresentam as opções de objetivo estratégico (Q, T, C) onde as setas em verde e vermelho já mostram o objetivo estratégico ponderado, e os “...” indicam todos os outros atributos presentes em uma tarefa. As “K” distâncias

mais próximas em relação à nova tarefa, ou seja, as tarefas históricas mais próximas da nova amostra, são consideradas as mais similares. Após a procura das “K” tarefas mais similares, é verificado quais os recursos humanos que as realizaram. O recurso que apresenta a maior incidência como realizador das “K” tarefas históricas, é alocado para a nova tarefa.

- (e) **Separação do Conjunto de Dados:** Neste passo ocorre a separação do conjunto de dados das tarefas históricas em dois conjuntos, um denominado “conjunto de treinamento”, e outro, denominado “conjunto de teste”. Este método de separação de conjunto de dados que será utilizado é conhecido como “Holdout”, onde são designados 67% (2/3) dos dados para um conjunto de treinamento, e 33% (1/3), para um conjunto de testes (KOHAVI, 1995). O objetivo desta separação é organizar os dados das tarefas históricas para a futura validação da acurácia (assertividade) das recomendações feitas pelo algoritmo. Na Figura 28, é demonstrado graficamente o funcionamento de separação do conjunto de dados, conforme explicado anteriormente.

Figura 28: Separação do Conjunto de Dados

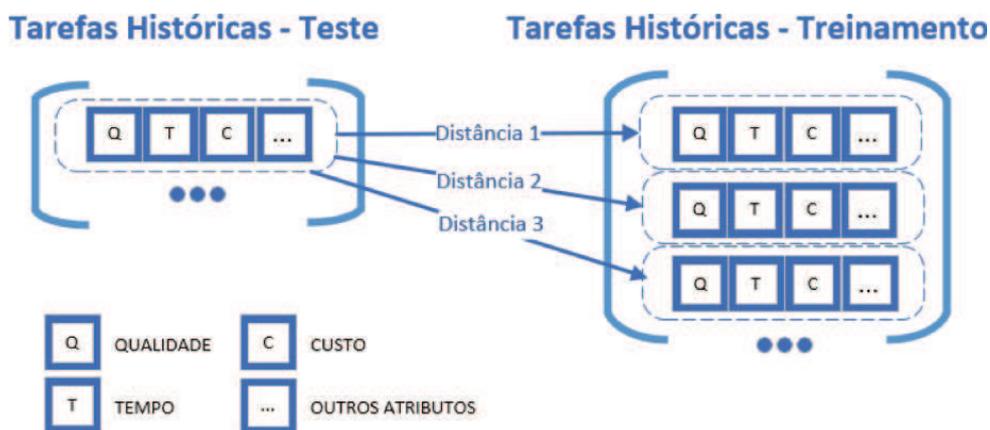


Fonte: Elaborado pelo Autor.

- (f) **Verificação da Acurácia:** A Acurácia é uma métrica para medição de performance do algoritmo, define-se como a proporção de instâncias classificadas corretamente (RAS-CHKA, 2015). A verificação da acurácia tem como principal objetivo, na predição de novas tarefas, estimar o percentual de acerto das futuras predições, utilizando somente os dados de tarefas históricas. Para isso são utilizados os dois conjuntos de dados separados anteriormente em conjunto de dados de teste e treinamento.

Para calcular a acurácia é necessário que o atributo “Avaliação Geral” seja removido, pois é ele quem define se a tarefa foi ou não corretamente atribuída ao recurso correto. Após isso, ocorre a predição de recursos para cada tarefa do conjunto de dados de teste. A Figura 29 exemplifica a alocação feita com os vetores do conjunto de dados históricos de teste.

Figura 29: Verificação da Acurácia



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Esta etapa é muito semelhante à alocação de uma nova tarefa. Primeiramente, é calculada a distância, utilizando o cálculo da distância Euclidiana, entre a tarefa do conjunto de dados de teste e todas as outras tarefas do conjunto de dados de treinamento. As “K” distâncias mais próximas em relação à amostra, são consideradas as mais similares. Após a procura das “K” tarefas mais similares é verificado quais os recursos humanos que as realizaram. O recurso mais incidente como realizador das “K” tarefas históricas é alocado para a nova tarefa.

Após a predição de alocação realizada nas tarefas históricas do Conjunto de Teste, é verificado se o recurso humano atribuído à tarefa é o mesmo que foi atribuído anteriormente nesta mesma tarefa. Se o atributo Avaliação Geral é igual a 1, indica que, no passado, aquela tarefa foi corretamente alocada para aquele recurso. Utilizando esta lógica com as outras tarefas do Conjunto de dados de Teste é possível determinar quais tarefas foram

corretamente alocadas e quais não foram. Com estes números é possível calcular a Acurácia da predição realizada. A Figura 30 mostra como é realizado o cálculo da Acurácia.

Figura 30: Cálculo da Acuracidade

$$\text{Acuracidade} = \frac{\text{Quantidade de Informações Corretas}}{\text{Quantidade de informações Verificadas}}$$

Fonte: Elaborado pelo Autor.

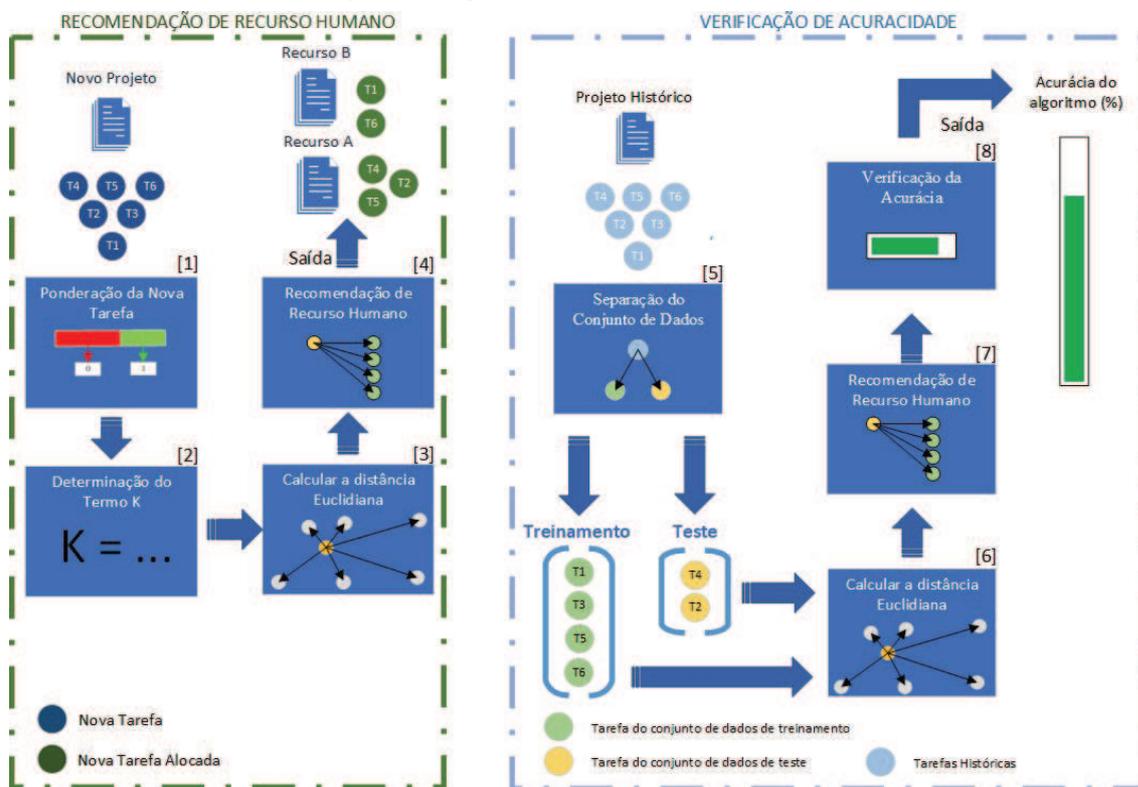
Para exemplificar os passos descritos acima, a Figura 31 apresenta graficamente a consolidação do funcionamento do módulo de recomendação. Mostra-se também que o cálculo da acuracidade do algoritmo é realizado independentemente do processo de recomendação do recurso humano nas tarefas, mas da mesma forma, integra o processo do módulo de recomendação.

Conforme a figura, o processo de recomendação inicia pelo primeiro passo, “ponderação da nova tarefa”, onde é escolhido o objetivo estratégico que será perseguido no projeto. No segundo passo, é determinado o termo de K, ou seja, determina-se quantas tarefas históricas serão analisadas para classificação da nova tarefa a ser recomendada. Em sequência, no terceiro passo, serão calculadas as distâncias entre as tarefas históricas mais similares à nova tarefa, utilizando o cálculo da distância Euclidiana. Após o cálculo da distância, executando-se o quarto passo, o recurso que foi o realizador do maior número de tarefas dentro do K escolhido, será recomendado pelo algoritmo para a nova tarefa.

Os passos descritos acima integram a Recomendação de Recurso Humano. Após a alocação dos recursos nas tarefas, inicia-se a verificação da acurácia do algoritmo. Como quinto passo do processo, o conjunto de dados históricos das tarefas são separados em dois conjuntos de dados, denominados “conjunto de teste” e “conjunto de treinamento”. No conjunto de testes constarão 1/3 dos dados das tarefas históricas, e o conjunto de treinamento abrigará os outros 2/3 dos dados. O atributo “Avaliação Geral” é removido nesta fase, pois é ele quem determina se a alocação foi bem atribuída ou não. Após a separação do conjunto de dados, será realizado como sexto passo, o cálculo da distância Euclidiana, entre a tarefa do conjunto de dados de teste e todas as outras tarefas do conjunto de dados de treinamento.

Após o cálculo das distâncias entre as tarefas de teste com todas as tarefas do conjunto de treinamento, como sétimo passo, o algoritmo realizará a recomendação de alocação para as tarefas de teste. Finalizando o processo, no oitavo passo, o algoritmo compara as alocações feitas durante o processo da acurácia no conjunto de testes, com as alocações reais feitas anteriormente, e observa se o atributo “Avaliação Geral” conta como “1”, identificando que a alocação anterior foi bem atribuída. Assim, utilizando a mesma lógica com todas as outras tarefas, o algoritmo é capaz de calcular a acuracidade, ou seja, a assertividade da recomendação de recursos humanos nas tarefas.

Figura 31: Exemplo do Consolidado Módulo Recomendação



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.4 Módulo de Aplicação

O módulo de aplicação é a interface entre os demais módulos e também com o usuário. É a partir dela que o atores, gerente de projetos, e cliente, conseguem interagir.

Nesta interface, que será desenvolvida na segunda etapa deste estudo, será possível a interação entre os agentes da seguinte forma:

- **Relatórios:** O componente de relatórios do módulo de aplicação que será desenvolvido, irá realizar consultas sobre os projetos anteriormente concluídos no banco de dados, exibindo suas informações para o usuário.
- **Recomendação de Alocação de Recursos:** O componente de recomendação de alocação de recursos, irá interagir com o módulo de recomendação, posteriormente trazendo uma sugestão de alocação de recurso para determinada tarefa presente no projeto, ao usuário.
- **Alocação de Recursos Personalizada:** É neste componente que o usuário poderá consultar no banco de dados a relação dos recursos disponíveis para determinada tarefa, e realizar a alocação manual deste recurso.
- **Avaliação de Tarefas:** É através deste componente que o cliente do projeto poderá atribuir um grau de qualidade a cada tarefa, após sua finalização.

4.4 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou o modelo SMARTALLOC, suas especificações e tecnologias utilizadas. A arquitetura do modelo foi definida e foram demonstrados, através de diagramas, os Casos de Uso e Sequências de Ações. Foram vistos também os módulos do modelo: o Módulo de Importação é responsável por importar os arquivos de projetos para a estrutura de armazenamento; o Módulo de Recomendação faz as recomendações de alocações de recursos humanos nas tarefas pelo algoritmo; o Módulo de Aplicação é responsável pela interação com os demais módulos e interface com o usuário. Finalmente, foi apresentada a estrutura de armazenamento, onde são armazenadas as informações históricas dos projetos e recursos humanos.

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Para analisar a viabilidade do modelo SMARTALLOC proposto neste trabalho, foi realizada a implementação de um protótipo. Neste capítulo serão apresentados os aspectos da implementação dos módulos, bem como a proposta de experimentação e validação do protótipo. A seção 5.1 apresenta as tecnologias utilizadas para a criação do protótipo. A seção 5.2 mostra a metodologia de avaliação adotada, como o questionário estruturado para os gerentes de projetos e o modelo de avaliação TAM. Finalmente, a seção 5.3 mostra os resultados colhidos em cada uma das estratégias de validação do modelo SMARTALLOC. A seção 5.4 encerra o capítulo fazendo um resumo do processo.

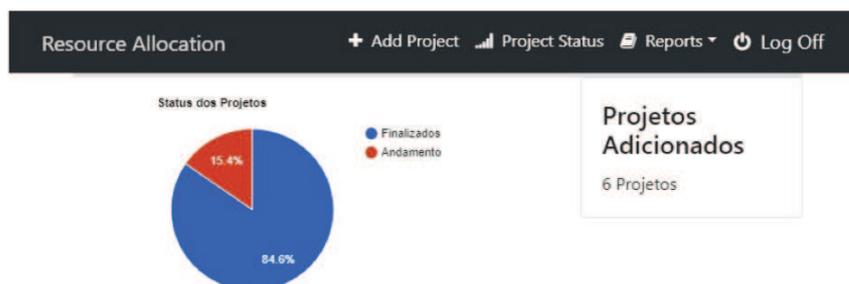
5.1 Implementação do Protótipo

O protótipo do modelo SMARTALLOC foi desenvolvido em linguagem *Python 3* e utilizou *Flask Framework*. O código fonte da aplicação foi desenvolvido no *Visual Studio IDE*, pela sua facilidade de uso e bom desempenho. O GUI (*Graphical User Interface*) do protótipo da aplicação foi desenvolvido com *Bootstrap framework*. API's. Todos os módulos do SMARTALLOC foram implementados para rodar em dispositivos móveis, permitindo avaliar suas funcionalidades junto aos gestores de projetos. Nas subseções a seguir serão mostradas as telas principais para cada usuário do modelo SMARTALLOC: gerentes de projetos, clientes e recursos humanos.

5.2 Visão do gerente de projetos

O gerente de projetos tem um acesso exclusivo ao modelo SMARTALLOC com visão geral de todos os projetos e recursos humanos disponíveis. Este controle de acesso é realizado pelo login de acesso ao modelo. Ao iniciar o aplicativo, uma visão geral de todos os projetos existentes é realizada. A Figura 32 mostra a tela inicial para o gerente de projetos.

Figura 32: Tela inicial para o gerente de projetos

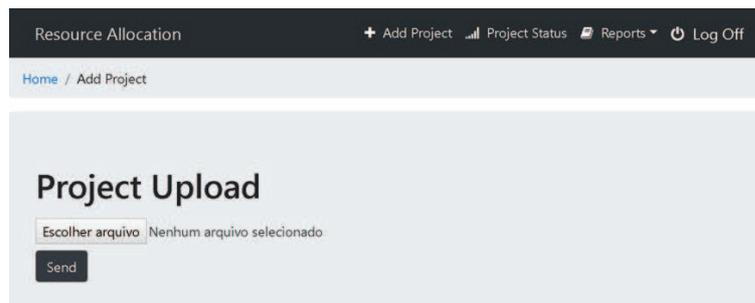


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nesta tela inicial, o gestor verifica o número de projetos já importados para o modelo SMARTALLOC, além do status dos mesmos a fim de conferir o que ainda requer sua atenção por não ter sido finalizado.

Após ter a visão geral de todos os projetos, o gestor pode adicionar um novo projeto ao aplicativo SMARTALLOC, utilizando o Módulo de Importação descrito na seção 4.3.1. A Figura 33 mostra a tela de importação de projetos.

Figura 33: Tela de adição de projetos

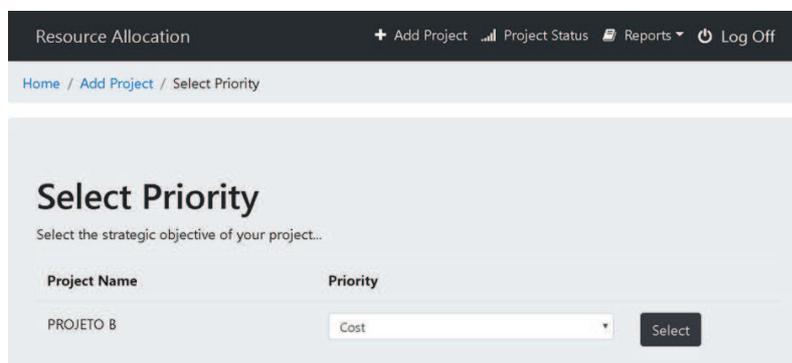


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A importação dos dados precisa ocorrer de XML para a conversão em JSON. Esta preparação de projetos para a importação para o SMARTALLOC é um dos itens essenciais para o correto funcionamento do modelo. Como não é possível gerenciar o legado de projetos anteriores das empresas, deve haver um cuidado maior na implantação do modelo nas empresas, para não gerar frustrações por erros na importação de projetos.

A seguir, o gerente de projeto escolhe o projeto e o objetivo estratégico (custo, tempo ou qualidade) que deseja perseguir na alocação de recursos humanos nas tarefas do mesmo. A Figura 34 mostra a tela de seleção da prioridade (objetivo estratégico).

Figura 34: Tela de seleção de objetivo estratégico



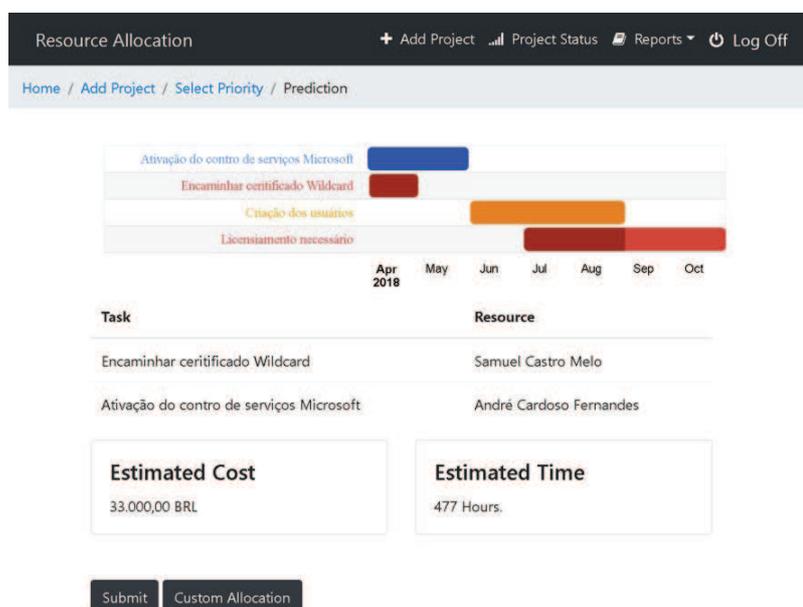
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A escolha do objetivo estratégico (custo, tempo ou qualidade) é uma das contribuições que o

modelo SMARTALLOC traz para a área de alocações de recursos. Se o gerente deseja permanecer dentro do orçamento, deverá selecionar “Custo”. Se desejar acelerar o projeto, deve escolher “Tempo”. Se um compromisso entre custo e tempo é desejado para obter melhor performance, deve escolher “Qualidade”. Esta flexibilidade é uma das lacunas encontradas na pesquisa de trabalhos relacionados.

A Figura 35 mostra a sequência de atividades após o projeto ser carregado e o gerente de projeto ter definido o seu objetivo estratégico. O modelo SMARTALLOC faz as alocações dos recursos humanos, de acordo com o objetivo estratégico selecionado, utilizando o algoritmo de aprendizado de máquina. Após isso, é montado um gráfico de Gantt, utilizando uma API Google Charts, demonstrando a linha de tempo das tarefas a serem realizadas com os recursos alocados.

Figura 35: Tela de alocação dos recursos humanos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na tela de alocação na Figura 35, o gerente de projetos verifica os recursos alocados em cada tarefa, seus prazos para realização das mesmas, além dos custos estimados, baseados nas informações de custo/hora de cada recurso. Os nomes dos recursos são fictícios.

Se desejar, o gestor de projetos pode alterar manualmente as alocações indicadas pelo modelo SMARTALLOC. Esta possibilidade permite que o gestor possa fazer ajustes finos, de acordo com circunstâncias que não foram repassadas ao modelo SMARTALLOC durante a fase de importação do projeto (por exemplo, férias, indisponibilidade dos recursos, etc.). A Figura 36 mostra a tela de ajuste manual de recurso. Na lista de tarefas existentes ao projeto, o gestor seleciona o nome do recurso desejado e informa ao modelo que esta deverá ser a alocação desejável.

Figura 36: Tela de alocação manual

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As tarefas e recursos disponíveis para cada projeto estão listadas na tela de Gestão de Tarefas. A Figura 37 mostra a tela de Tarefas e os recursos disponíveis. Nela, o gerente de projetos pode verificar quais tarefas já foram finalizadas e avaliadas, quais estão em progresso e quais ainda não foram alocadas. Nas tarefas avaliadas, é possível ver o tempo em minutos gastos na tarefa, a ponderação de qualidade do modelo e a nota atribuída pelo cliente na avaliação do recurso. Se desejar, o cliente avaliador pode inserir um comentário na avaliação para alertar sobre algum aspecto da realização da tarefa que gostaria de chamar a atenção do gestor de projetos. Nas tarefas em progresso, ainda não houve avaliação. Por isso, só é possível verificar a tarefa e o recurso alocado. Nas tarefas ainda não iniciadas, já há uma alocação existente, mas possivelmente aguardando a realização de uma tarefa anterior para ser iniciada.

Figura 37: Tela de tarefas do projeto

Tasks	Time(Min)	Quality	Resource	ML use	Comment
Encaminhar certificado Wildcard	240	8.0	7.5	True	Boa execução porém muito

Tasks	Resource	ML use
Ativação do contro de serviços Microsoft	Samuel Castro Melo	True

Tasks	Resource	ML use
Criar usuários	Enzo Costa Oliveira))	True

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com a visão geral da realização das tarefas na Figura 37, o gestor de projetos pode verificar como as três variáveis de projeto se comportam (custo, tempo e qualidade), tendo informações sobre o custo total realizado, o tempo de projeto e o grau de qualidade obtido até aquele momento. Se desejar acelerar o processo, basta substituir o objetivo estratégico por “Tempo” para que o modelo SMARTALLOC apresente sugestões de alocações observando esta variável.

Após a realização das tarefas, o usuário do SMARTALLOC pode avaliar a qualidade da tarefa realizada, assim como o recurso humano que atuou na mesma. A Figura 38 mostra a tela de avaliação de tarefas e recursos. Notas mais altas indicam um grau mais alto de qualidade.

Figura 38: Avaliação de tarefas e recursos

The screenshot displays the 'Resource Allocation' dashboard. At the top, there is a navigation bar with 'Add Project', 'Project Status', 'Reports', and 'Log Off'. Below this, three summary cards are shown: 'Current Cost' at 23,050.00 \$, 'Elapsed Time' at 320 Hours, and 'Average Quality' at 7.6. The main section is titled 'Tasks for Evaluation' and contains a table with columns for 'Tasks', 'Task Evaluation', 'Resource Evaluation', 'Comment', and 'Update'. A single row is visible for the task 'Criar usuários', with both 'Task Evaluation' and 'Resource Evaluation' set to 10.0. An 'Update' button is present at the end of the row. An 'OK' button is located below the table.

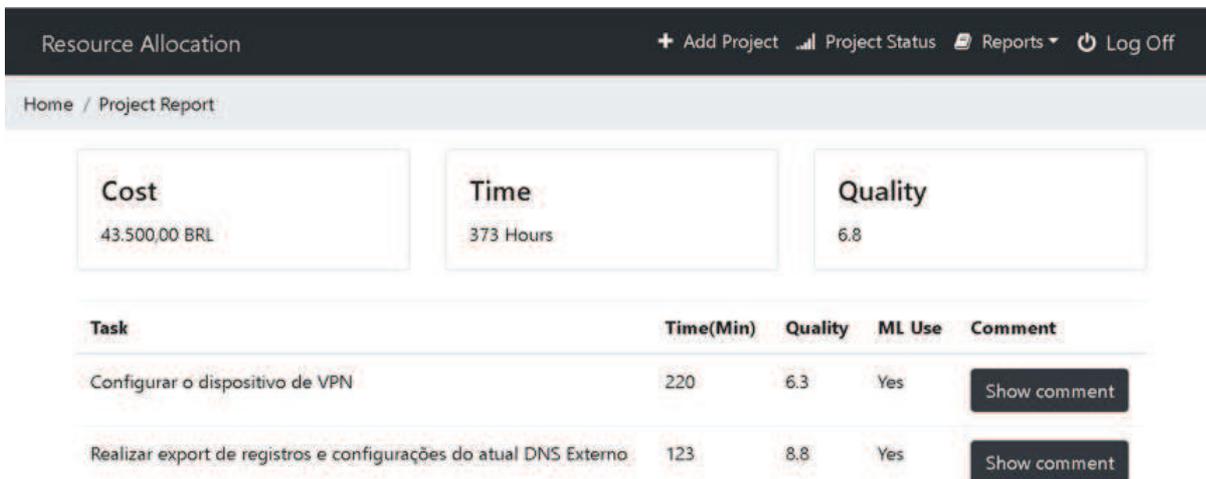
Tasks	Task Evaluation	Resource Evaluation	Comment	Update
Criar usuários	10.0	10.0		Update

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 38, o gestor de projeto avalia a qualidade da tarefa realizada e a performance do recurso que foi alocado na mesma. Os critérios de avaliação são definidos entre as equipes, a fim de manter o mesmo padrão de avaliação entre todos os projetos, recursos e gestores. Quanto melhor for a avaliação, mais o recurso humano receberá indicação de alocação nos próximos projetos se o objetivo estratégico escolhido for “Qualidade”. Portanto, manter avaliações altas na realização de tarefas é um indicativo de mais indicações no futuro, já que o algoritmo de aprendizado de máquina percebe que aquela tarefa teve alta avaliação em projeto histórico armazenado no banco de dados.

Após o projeto estar finalizado, o gerente de projetos acessa os relatórios de projetos e recursos, guardados no banco de dados como históricos. Esta função é uma das lacunas percebidas nos trabalhos pesquisados que o modelo SMARTALLOC permite resolver. A Figura 39 mostra a tela de histórico de projetos.

Figura 39: Histórico de projetos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 39, temos a tela de relatório final de um projeto já armazenado no banco de dados não relacional. É possível verificar as 3 variáveis do triângulo de ferro (custo, tempo e qualidade) e a atualização de cada tarefa em tempo e grau de qualidade. Esta visão panorâmica para o gestor de projetos também permite ao algoritmo de aprendizagem de máquina do SMARTALLOc verificar os padrões de qualidade das tarefas e a qualidade dos recursos existentes para futuros projetos.

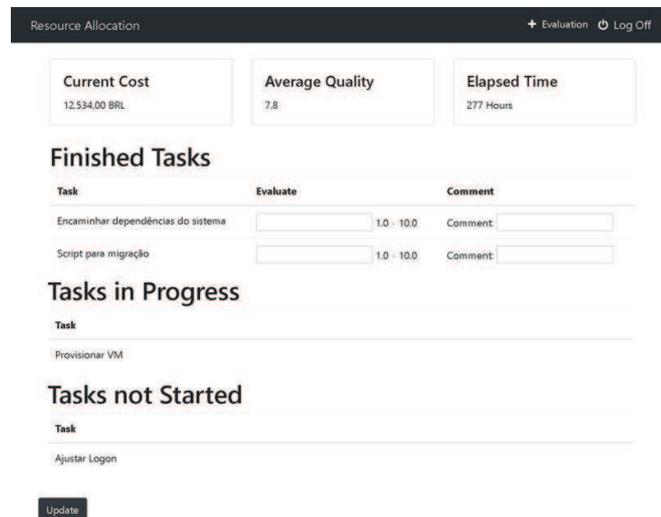
A seguir, serão mostradas as telas principais do cliente e do recurso humano.

5.3 Visão do cliente

O modelo SMARTALLOc permite que o cliente possa acompanhar todos os passos do projeto, através de um login específico. As telas do cliente são diferentes das telas do gestor de projetos, já que seu papel não é fazer o projeto ocorrer, mas monitorar e avaliar ao final. A Figura 40 mostra a tela de Avaliação das tarefas pelo cliente.

Na Figura 40, ao fazer a avaliação da tarefa, o cliente está repassando uma informação de qualidade ao algoritmo de aprendizado de máquina que irá ponderar nas alocações seguintes se os recursos a serem utilizados poderão atingir o objetivo estratégico desejado. Os critérios de avaliação para cada tarefa devem ser definidos entre gestor de projetos e cliente. A informação da avaliação do cliente será atualizada na tela de relatórios do gestor de projetos. A seguir, será mostrada a visão do recurso humano, que assim como o gestor de projetos e cliente, podem acompanhar suas avaliações ao realizar as tarefas do projeto.

Figura 40: Avaliação das tarefas pelo cliente

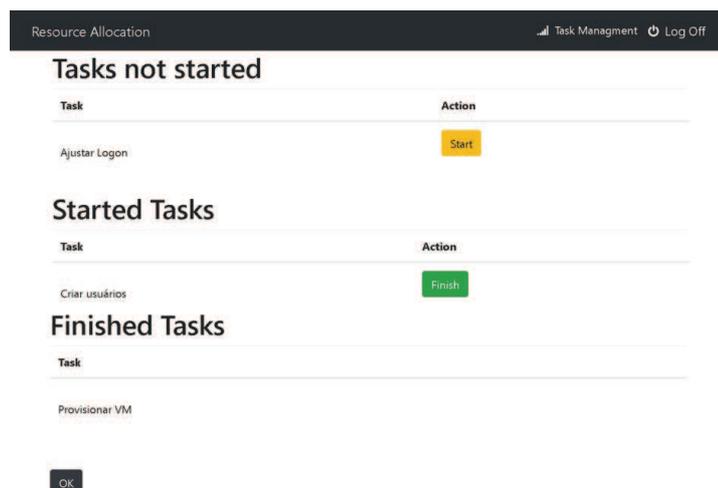


Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.4 Visão do Recurso Humano

O recurso humano também pode acompanhar os processos de alocações do SMARTALLOC através de login específico. Suas telas não são as mesmas do gestor de projetos e do cliente, já que suas funções são mais táticas. A Figura 41 apresenta a tela do recurso humano.

Figura 41: Tela do recurso humano



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 41, o recurso humano sabe quais tarefas foram alocadas para ele no projeto. Seu papel é realizar as tarefas e sinalizar ao modelo SMARTALLOC o andamento de cada tarefa. O profissional pode verificar quais tarefas já realizou, quais está realizando e quais tarefas futuras

o aguardam. Nas tarefas que estiver alocado e operando, basta pressionar o botão “Terminar” para sinalizar ao gestor que a tarefa foi encerrada para que ela possa ser avaliada pelo cliente. Logo após ele pode pressionar o botão “Iniciar” em uma nova tarefa, fazendo com as telas respectivas de status do gestor de projetos e cliente sejam atualizadas.

O protótipo foi desenvolvido para operar em plataformas móveis a fim de facilitar a sua utilização pelos gestores de projetos, clientes e recursos humanos.

5.5 Avaliação do modelo

O SMARTALLOC foi avaliado através de 3 instrumentos: entrevista estruturada com os gestores de projetos de 2 organizações selecionadas para compreender os contextos de gestão de projetos; aplicação do modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) (DAVIS, 1989) sobre a usabilidade; cálculo de Acurácia dos projetos avaliados a fim de determinar a assertividade do modelo SMARTALLOC nas alocações dos recursos nos projetos.

A entrevista estruturada permitiu avaliar a validade do modelo SMARTALLOC entre os gestores de projetos, bem como entender as características das empresas e os desafios no gerenciamento de projetos. O questionário da entrevista estruturada está no Apêndice A. Foram selecionadas 2 empresas de desenvolvimento de software. As empresas são identificadas como “Empresa A” e “Empresa B” neste trabalho. São duas empresas de pequeno porte que atuam na região sul do Brasil. Seus projetos são de pequena duração, focados em desenvolvimento de aplicativos para celulares. As equipes de técnicos são formadas por engenheiros e desenvolvedores de software que trabalham a distância ou dentro das empresas dos clientes. Um procedimento de testes foi organizado com os gestores a fim de validar o modelo SMARTALLOC. A Tabela 7 mostra cada fase da avaliação.

Tabela 7: Procedimento de testes

	Fase 1	Fase 2
Normalização de habilidades e características dos recursos humanos.	Ago 2018	-
Inserção dos projetos anteriores das 2 empresas para calibração do modelo	Ago 2018	-
Treinamento dos gerentes de projetos na utilização do modelo SMARTALLOC.	Ago 2018	-
Utilização concomitante do modelo SMARTALLOC junto aos projetos novos iniciados a partir de agosto de 2018.	-	Set/Out 2018

Continua na próxima página

Tabela 7 – Continuação da página anterior

	Fase 1	Fase 2
Aplicação de questionário de facilidade e utilidade percebida do SMARTALLOC.	-	Set/Out 2018

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na fase 1 do procedimento de testes, houve o ajuste dos sistemas de monitoramento de projetos das empresas com o modelo SMARTALLOC usando o Módulo de Importação e posterior classificação dos recursos humanos no Módulo de Armazenamento de dados. A inserção dos projetos anteriores, a fim de que o modelo SMARTALLOC pudesse utilizar o aprendizado de máquina também demandou alguns ajustes, já que os projetos não apresentavam formatação para exportação de dados em XML.

Na fase 2 do procedimento de testes, os gestores de projetos das duas empresas utilizaram o protótipo SMARTALLOC nas suas rotinas diárias durante 2 meses (setembro e outubro de 2018). Durante este período o modelo SMARTALLOC foi aplicado efetivamente na alocação de recursos da seguinte forma: Empresa A (6 projetos) e Empresa B (3 projetos). Os gerentes de projetos foram orientados a seguir seu modus operandi normal e depois fazer a simulação no SMARTALLOC, a fim de obter subsídios sobre a qualidade das decisões tomadas.

No modelo TAM, a satisfação do usuário é medida em duas categorias: utilidade percebida e facilidade de uso percebida (DAVIS, 1989). Considera-se utilidade percebida quando a tecnologia proposta tem condições de auxiliar o usuário a realizar uma atividade de forma adequada. Já facilidade de uso avalia se a tecnologia pode ser utilizada com o mínimo de esforço. Desta maneira, o questionário de avaliação é dividido em duas categorias: uma para sua utilidade percebida, outra quanto a sua facilidade de uso. O questionário é composto por itens da escala Likert (LIKERT, 1932) de cinco níveis que são: “discordo totalmente”, “discordo parcialmente”, “indiferente”, “concordo parcialmente” e “concordo totalmente”. A pesquisa no modelo TAM está no Apêndice B. Os itens de avaliação são descritos na Tabelas 8 para Utilidade Percebida e Tabela 9 para Facilidade de uso.

Tabela 8: Itens relacionados à avaliação de Utilidade Percebida

Dê sua opinião sobre a Utilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:

1 – Discordo totalmente

2 – Discordo parcialmente

3 – Indiferente

4 – Concordo parcialmente

5 – Concordo totalmente

O modelo é útil, pois permite a alocação de recursos rapidamente.

O modelo torna prática a alocação de recursos em projetos.

O modelo aprende com alocações anteriores.

O modelo observa histórico anterior.

O modelo facilita a importação de dados de projetos anteriores.

O modelo permite acompanhamento online.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9: Itens relacionados à avaliação de Utilidade Percebida

Dê sua opinião sobre a Facilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:

1 – Discordo totalmente

2 – Discordo parcialmente

3 – Indiferente

4 – Concordo parcialmente

5 – Concordo totalmente

Tempo de aprendizagem de uso do modelo foi reduzido.

Tempo para obter as sugestões de alocações vindas do modelo foi rápido.

Interface de operação do modelo é simples.

O modelo é flexível para fazer ajustes de alocações.

Esforço para me tornar totalmente apto a operar o modelo foi reduzido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para avaliar os resultados do modelo TAM foi considerado o percentual de seleção de cada opção (“discordo totalmente”, “discordo parcialmente”, “indiferente”, “concordo parcialmente” ou “concordo totalmente”) por questão e feita a média dos percentuais obtidos para cada opção de acordo com a categoria da questão (Utilidade ou Facilidade de uso). O resultado primário foi obtido através dos índices de concordância de satisfação altos para as categorias de Utilidade e Facilidade de uso correspondente de cada um dos dois gestores pesquisados.

No teste de Acurácia, são utilizados os dois conjuntos de dados separados anteriormente em Conjunto de dados de Teste e Treinamento. O teste de Acurácia é feito com base nos dados históricos. Na Empresa A, 6 projetos foram avaliados, enquanto na Empresa B, 3 projetos.

5.6 Resultados

Duas empresas puderam avaliar o modelo SMARTALLOC durante 2 meses para validar a sua utilidade na prática. Ao todo foram avaliados 9 projetos. Os resultados da fase de testes são divididos em 3 subseções: resultados da entrevista estruturada; resultados do modelo TAM; resultados do cálculo de Acurácia.

5.6.1 Resultados da entrevista estruturada

De acordo com a entrevista estruturada foi possível avaliar as características das empresas e o ambiente de gestão de projetos. São duas empresas de pequeno porte que trabalham na região sul do Brasil. Seus projetos são de pequena duração, focados em desenvolvimento de aplicativos para celulares. As equipes de técnicos são formadas por engenheiros e desenvolvedores de software, que trabalham a distância ou dentro das empresas dos clientes. As respostas de perfis das duas empresas estão na Tabela 10.

Tabela 10: Respostas sobre perfil das empresas que participaram da validação do modelo

	Empresa A	Empresa B
Quantidade de funcionários total	65	15
Quantidade de funcionários sobresponsabilidade dos 2 gestores de projetos	15	7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas perguntas sobre a rotina de gestão de projetos da pesquisa estruturada aplicada foi possível perceber as deficiências nas ferramentas de gestão que os gestores de projetos enfrentam diariamente, o uso da experiência anterior para fazer novas alocações, além do desafio de lidar com projetos simultâneos. As respostas sobre as características de trabalho dos 2 gestores estão na Tabela 11.

Tabela 11: Respostas sobre rotina na alocação de recursos em projetos

	Empresa A	Empresa B
Tempo de empresa de cada gestor (anos)	10	5
Tempo como gestor de projetos (anos)	7	5

Continua na próxima página

Tabela 11 – *Continuação da página anterior*

	Empresa A	Empresa B
Média de projetos por mês	4	2
Ocorrem projetos simultâneos?	SIM	SIM
Em geral, qual o objetivo estratégico que você busca em um projeto? Tempo, custo ou qualidade (mais de uma opção é possível)	TEMPO / CUSTO	CUSTO
Você acredita que as ferramentas de gestão de projetos resolvem os desafios de alocação de recursos de forma eficaz? Sim/Não/Em parte (uma opção somente)	NÃO	NÃO
“Faço a alocação de recursos usando minha experiência anterior.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	4	4
“Encontro desafios para lidar com projetos simultâneos.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	3	3
“Para fazer a alocação, utilizo ferramentas específicas.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	2	1
“Sou pressionado a não extrapolar o orçamento estipulado pelo projeto.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	4	4

Continua na próxima página

Tabela 11 – *Continuação da página anterior*

	Empresa A	Empresa B
“Tenho histórico de todos os projetos anteriores para me auxiliar na decisão.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	1	0
“Tenho histórico de todas as habilidades e capacidades dos meus recursos humanos,” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	2	3
“Tenho de lidar com falta de recursos humanos.” Responda na escala numérica de 0 (nunca acontece), 1 (acontece poucas vezes), 2 (acontece com alguma frequência), 3 (acontece frequentemente) até 4 (sempre acontece)	4	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados da entrevista estruturada, os gestores têm experiência na gestão de projetos e não são novatos em suas empresas. Durante 1 mês atendem até 4 projetos simultâneos e normalmente procuram fazer alocações tendo custo como principal objetivo estratégico. Os gestores não acreditam que as ferramentas disponíveis resolvem os desafios de alocação em projetos e usam sua experiência anterior para fazer novas alocações, além de lidarem com projetos simultâneos e falta de pessoal. Normalmente, não possuem histórico de alocações anteriores e guardam alguma informação sobre as capacidades dos recursos humanos disponíveis.

Nas respostas das pesquisas sobre o processo de alocação de recursos em projetos para o procedimento de teste foi possível vislumbrar o acerto na escolha das características do SMARTALLOC, já que o modelo proposto permite aprender com as alocações anteriores e facilitar a alocação de recursos para o gestor.

5.6.2 Avaliação TAM

Ao final do período de avaliação de 2 meses, foi aplicada uma pesquisa baseada no modelo TAM. A pesquisa aplicada em formato presencial está no Apêndice B. As Tabelas 12 e 13

apresentam as avaliações de aceitação do modelo SMARTALLOC para Usabilidade e Utilidade Percebida feitas com os gestores de projetos.

Tabela 12: Avaliação de Utilidade Percebida

Dê sua opinião sobre a Utilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:		
1 – Discordo totalmente		
2 – Discordo parcialmente		
3 – Indiferente	Empresa A	Empresa B
4 – Concordo parcialmente		
5 – Concordo totalmente		
O modelo é útil, pois permite a alocação de recursos rapidamente.	4	5
O modelo torna prática a alocação de recursos em projetos.	4	3
O modelo aprende com alocações anteriores.	5	4
O modelo observa histórico anterior.	5	5
O modelo facilita a importação de dados de projetos anteriores.	3	4
O modelo permite acompanhamento online.	4	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13: Avaliação de Facilidade Percebida

Dê sua opinião sobre a Facilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:		
1 – Discordo totalmente		
2 – Discordo parcialmente		
3 – Indiferente	Empresa A	Empresa B
4 – Concordo parcialmente		
5 – Concordo totalmente		
Tempo para obter as sugestões de alocações vindas do modelo foi rápido.	4	5
Interface de operação do modelo é simples.	2	3
O modelo é flexível para fazer ajustes de alocações.	4	5

Continua na próxima página

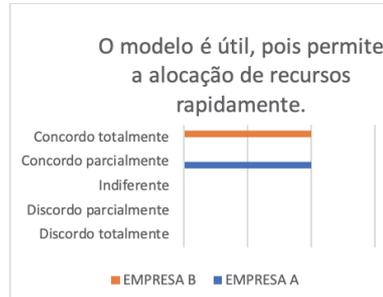
Tabela 13 – Continuação da página anterior

Dê sua opinião sobre a Facilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:		
	Empresa A	Empresa B
1 – Discordo totalmente		
2 – Discordo parcialmente		
3 – Indiferente		
4 – Concordo parcialmente		
5 – Concordo totalmente		
Esforço para me tornar totalmente apto a operar o modelo foi reduzido.	3	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

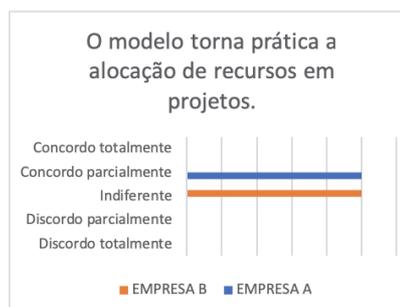
As Figuras 42 e 43 mostram graficamente os resultados do modelo TAM para as afirmações “O modelo é útil, pois permite a alocação de recursos rapidamente.” e “O modelo torna prática a alocação de recursos em projetos.”

Figura 42: Utilidade percebida (rapidez)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 43: Utilidade percebida (praticidade)

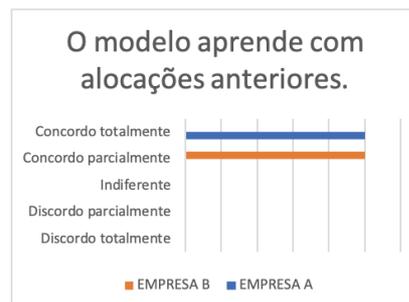


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 42, ambos os gestores pesquisados concordam com a afirmação sobre rapidez na alocação de recursos pelo SMARTALLOC. Na Figura 43, houve concordância de 50% para a questão sobre a praticidade do modelo. A Empresa B foi a empresa que testou 3 projetos somente e pode ter tido uma amostra menor para fazer o julgamento.

As Figuras 44 e 45 mostram graficamente os resultados do modelo TAM para as afirmações “O modelo aprende com alocações anteriores.” e “O modelo observa o histórico anterior.”

Figura 44: Utilidade percebida (aprendizado)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 45: Utilidade percebida (histórico)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 44, ambos os gestores pesquisados concordam com a afirmação sobre aprendizado em alocações anteriores feito pelo SMARTALLOC, o que demonstra que o algoritmo de aprendizado de máquina apresentou resultados concretos. Na Figura 45, houve forte concordância sobre a observação feita pelo modelo em históricos anteriores.

As Figuras 46 e 47 mostram graficamente os resultados do modelo TAM para as afirmações “O modelo facilita a importação de dados de projetos anteriores.” e “O modelo permite acompanhamento online.”

Na categoria do modelo TAM de Facilidade Percebida, o modelo SMARTALLOC obteve avaliações positivas. A Tabela 14 apresenta os resultados resumidos das respostas dos 2 gestores de projetos.

Figura 46: Utilidade percebida (importação)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 47: Utilidade percebida (acompanhamento)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 14: Avaliação de Facilidade Percebida

Dê sua opinião sobre a Facilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:		
1 – Discordo totalmente		
2 – Discordo parcialmente		
3 – Indiferente	Empresa A	Empresa B
4 – Concordo parcialmente		
5 – Concordo totalmente		
Tempo de aprendizagem de uso do modelo foi reduzido.	4	4
Tempo para obter as sugestões de alocações vindas do modelo foi rápido.	5	4
Interface de operação do modelo é simples.	5	5

Continua na próxima página

Tabela 14 – *Continuação da página anterior*

Dê sua opinião sobre a Facilidade Percebida do SMARTALLOC usando a escala numérica sobre os seguintes itens:

1 – Discordo totalmente

2 – Discordo parcialmente

3 – Indiferente

4 – Concordo parcialmente

5 – Concordo totalmente

O modelo é flexível para fazer ajustes de alocações.

Empresa A

Empresa B

4

4

Esforço para me tornar totalmente apto a operar o modelo foi reduzido.

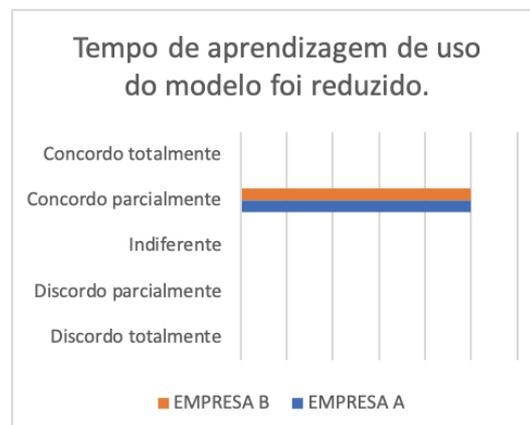
5

5

Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 48 e 49 mostram graficamente os resultados do modelo TAM para as afirmações “Tempo de aprendizagem de uso do modelo foi reduzido.” e “Tempo para obter as sugestões de alocações vindas do modelo foi rápido.”

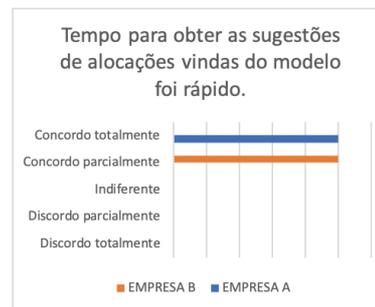
Figura 48: Facilidade percebida (aprendizagem)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 48, a concordância de 100% mostra que a curva de aprendizado do modelo SMARTALLOC é bastante rápida. Na Figura 49, ambos dos gestores pesquisados concordam com a afirmação sobre a rapidez para obter as sugestões do alocações pelo modelo.

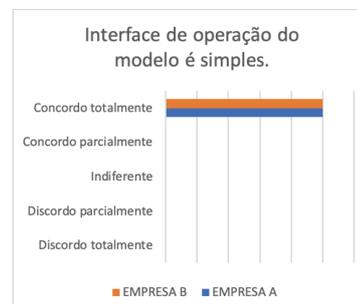
Figura 49: Facilidade percebida (rapidez)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

As Figuras 50 e 51 mostram graficamente os resultados do modelo TAM para as afirmações “Interface de operação do modelo é simples.” e “O modelo é flexível para fazer ajustes de alocações.”

Figura 50: Facilidade percebida (interface)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 50, a concordância de 100% mostra que a interface simples é reconhecida pelos gestores de projetos. Na Figura 51, ambos os gestores pesquisados concordam com a afirmação sobre a flexibilidade para fazer ajustes do modelo.

A Figura 52 mostra graficamente os resultados do modelo TAM para a afirmação “Esforço para me tornar totalmente apto a operar o modelo foi reduzido.” ambos os gestores de projetos concordam fortemente que o esforço para se tornar apto a usar o modelo é reduzido.

Figura 51: Facilidade percebida (flexibilidade)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 52: Facilidade percebida (esforço reduzido)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados indicam que o modelo SMARTALLOC foi bem avaliado em Facilidade e Utilidade Percebida de uso no modelo TAM, tendo 90% das notas acima de 3, numa escala Likert (LIKERT, 1932) de 1 a 5. Portanto, está validada sua aplicação na prática, mesmo que alguns pontos com avaliações medianas possam ser considerados normais em programas piloto.

5.6.3 Cálculo de Acurácia

O cálculo da Acurácia mede a assertividade do algoritmo de aprendizado de máquina do modelo SMARTALLOC, conforme visto no capítulo 4. Os conjuntos de dados de Teste (33%) e Treinamento (67%) foram separados pelo Módulo de Recomendação. As classificações de conjunto de dados de Testes são omitidas para que ocorra uma nova classificação. O resultado desta classificação foi comparado com o classificação omitida, de forma a verificar o acerto da alocação.

A Figura 53 mostra um exemplo da importação de um dos projetos da Empresa B cujo

Conjunto de dados de Teste foi separado e classificado juntamente com os atributos utilizados para a predição do recurso humano (qualidade, tempo ou custo). Os nomes dos recursos são fictícios. A coluna CLASSE CORRETA contém classificação histórica anterior (que é omitida para o cálculo da Acurácia). A coluna CLASSE contém a nova classificação. Ao comparar as duas colunas, o algoritmo de aprendizado de máquina percebe se fez a alocação correta ou não. No caso da Figura 46, houve duas classificações errôneas que diminuíram a taxa da Acurácia, cujo valor foi 0,86. Quanto mais próximo a 1, melhor a taxa de Acurácia.

Figura 53: Importação de projeto da Empresa B

TAREFA	QUALIDADE	TEMPO	CUSTO	DURAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	NÍVEL	CLASSE	CLASSE CORRETA
Planejamento - Software	1	3	1	50	1500	3	Daniel Silva Azevedo	Daniel Silva Azevedo
Análise do Sistema	1	3	1	20	600	2	Breno Ferreira Pereira	Breno Ferreira Pereira
Levantar Dados e Processos	1	3	1	10	300	1	Gustavo Castro Souza	Gustavo Castro Souza
Analisar Regras de Negócio e Criar Escopo	1	3	1	15	450	1	Breno Ferreira Pereira	Breno Ferreira Pereira
Elaborar Especificação Técnica e Funcional	1	3	1	10	300	1	Luiz Barbosa Alves	Kaua Alves Ferreira
Criar Dicionário de Dados e Diagramas UML	1	3	1	10	300	1	Antônio Santos Rocha	Antônio Santos Rocha
Preparação de Ambiente de Desenvolvimento	1	3	1	15	450	2	Kaua Alves Ferreira	Kaua Alves Ferreira
Programar Módulos para Back-End e Front-End	1	3	1	30	900	2	Daniel Silva Azevedo	Daniel Silva Azevedo
Testes e Homologação	1	3	1	20	600	2	Luiz Barbosa Alves	Luiz Barbosa Alves
Testar Módulos do Sistema e Homologar	1	3	1	10	300	1	Kaua Alves Ferreira	Kaua Alves Ferreira
Instalação e Configuração	1	3	1	20	600	2	Breno Dias Cardoso	Daniel Silva Azevedo
Instalar e Configurar Servidores	1	3	1	10	300	1	Gustavo Castro Souza	Gustavo Castro Souza
Instalar e Configurar Estações de Trabalho	1	3	1	8	240	1	Kaua Alves Ferreira	Kaua Alves Ferreira
Implantar Sistema em Produção	1	3	1	12	360	2	Luiz Barbosa Alves	Luiz Barbosa Alves
Instalar Sistema nas Estações de Trabalho Clien	1	3	1	5	150	1	Murilo Alves Rodrigues	Murilo Alves Rodrigues
ACURÁCIA TOTAL	86,89%							

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 54 mostra um dos cálculos da Distância Euclidiana para a tarefa Análise de Sistema do conjunto de dados da Empresa B.

Figura 54: Exemplo de cálculo da Distância Euclidiana

$$d = \sqrt{(1 - 1)^2 + (3 - 3)^2 + (1 - 1)^2 + (20 - 30)^2 + (600 - 1200)^2}$$

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados de cálculo de Acurácia do modelo procuram medir o nível de assertividade do aprendizado de máquina do algoritmo. Quanto mais próximo de 1 estiver o resultado, melhor terá sido a alocação do SMARTALLOC.

Os resultados calculados para cada empresa foram os seguintes: Empresa A (6 projetos) média 0,77; Empresa B (3 projetos) média 0,70. A Tabela 15 mostra os resultados de Acurácia de cada projeto por empresa.

Tabela 15: Resultados de Acurácia do SMARTALLOC

	Empresa A	Empresa B
Projeto 1	0,8	0,63
Projeto 2	0,75	0,86
Projeto 3	0,8	0,63
Projeto 4	0,79	NÃO REALIZADO
Projeto 5	0,8	NÃO REALIZADO
Projeto 6	0,7	NÃO REALIZADO
MÉDIA	0,77	0,70

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados de Acurácia foram melhores na Empresa A do que na Empresa B. Não foi possível identificar a causa das diferenças, já que o propósito deste trabalho era de apenas validar a aplicação do modelo na prática. De qualquer forma, a rapidez para fazer alocações na faixa de 60% a 86% de acerto pode ser considerado satisfatório para efeitos práticos.

Todas as estratégias de avaliação do modelo (aplicação de um questionário estruturado, avaliação pelo modelo TAM e o cálculo da taxa de Acurácia) contribuíram para validar as funcionalidades do modelo SMARTALLOC na alocação de recursos humanos em projetos.

5.7 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou 4 seções. A seção 5.1 apresentou as tecnologias utilizadas na construção do protótipo do modelo SMARTALLOC e a aparência das telas para cada usuário. A seção 5.2 apresentou o método de avaliação utilizado para avaliar o modelo, composto de 3 estratégias: pesquisa estruturada para conhecer o perfil da empresa e da rotina dos gestores de projetos; avaliação segundo modelo TAM para verificar a Facilidade e Utilidade Percebida e, finalmente, o cálculo da taxa de Acurácia para verificar o grau de assertividade do algoritmo nas alocações de 9 projetos em 2 empresas. A seção 5.3 apresentou os resultados colhidos em cada um dos instrumentos de avaliação.

No geral, os testes comprovaram a utilidade do modelo SMARTALLOC, mostrando que as lacunas encontradas nos artigos pesquisados realmente podem ser atendidas pelo modelo proposto neste trabalho

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou o modelo SMARTALLOC que tem por objetivo auxiliar nas alocações de recursos humanos em projetos, utilizando-se de algoritmos de aprendizado de máquina. O modelo resolve duas lacunas percebidas em pesquisa de trabalhos relacionados, conforme visto no Capítulo 3: permite selecionar o objetivo estratégico (custo, tempo ou qualidade) no momento da alocação de recursos no projeto; permite armazenar o histórico e as alocações de recursos dos projetos anteriores em forma de documentos dentro de coleções de dados para auxiliar na alocação de recursos em um novo projeto.

Este capítulo trata das considerações finais do trabalho com foco nas conclusões, contribuições esperadas e trabalhos futuros.

6.1 Conclusões e trabalhos futuros

A avaliação do modelo SMARTALLOC indicou sua utilidade no processo de alocação de recursos humanos em projetos, embora o tamanho da amostra de empresas pesquisadas tenha sido reduzido. Uma maior gama de empresas e projetos para avaliação pode solidificar as conclusões prévias deste trabalho.

A análise de perfil das empresas pesquisadas e da rotina dos gestores de projetos confirmou a dificuldade prática de fazer alocações de recursos humanos. O gestor sofre pressões para controlar custos e não existem ferramentas específicas para alocação e o gestor precisa lidar com projetos simultâneos. Portanto, este trabalho apresenta indícios que podem ajudar o gestor de projetos a lidar com a pressão sobre custos, tempo e qualidade. Também ficou claro que os gestores pesquisados trabalham normalmente com o objetivo estratégico de custo. O gestor não guarda dados referentes a projetos anteriores e mantém um controle de recursos disponíveis de forma rudimentar.

Através de avaliação pelo modelo TAM foi possível verificar que os critérios de Facilidade e Utilidade Percebida tiveram 90% das avaliações acima de 3 numa escala Likert de 5 pontos, indicando alta concordância com as funcionalidades apresentadas pelo modelo SMARTALLOC. O item que obteve avaliação mediana (nota 3 na escala Likert de 5 pontos) teve mais a ver com dificuldades de importar projetos antigos em formato XML, que foi uma das dificuldades encontradas no processo de validação do modelo.

O cálculo de Acurácia foi feito em 9 projetos, ficando na média entre 0,70 a 0,77, sendo “1” o valor ideal, o que indica que o algoritmo de aprendizado de máquina conseguiu acertar em média mais de 70% das vezes, obtendo uma ótima taxa de acerto.

Portanto, o modelo SMARTALLOC teve sua necessidade confirmada em pesquisa com gestores de projetos, obteve avaliação positiva em Utilidade e Facilidade percebida no modelo TAM e acertou em média 70% das previsões de alocações de recursos humanos.

Para o futuro, espera-se ampliar a quantidade de empresas e projetos para obter uma maior

percepção sobre a utilidade do aplicativo. Também é necessário ampliar o prazo de avaliação do modelo, já que 2 meses permitiram que somente 9 projetos fossem avaliados neste trabalho.

Uma das melhorias esperadas está no Módulo de Importação, já que o legado de projetos anteriores das empresas não está em formato XML. A classificação de habilidades dos recursos humanos também é passível de melhorias, já que cada projeto exige que estas informações estejam disponíveis.

O algoritmo de aprendizado de máquina escolhido neste trabalho “k-NN” também pode ser melhorado, já que seu índice de acertos nos projetos avaliados oscilou em 60% a 86% das alocações indicadas pelo modelo SMARTALLOC.

Finalmente, melhorias na interface com os usuários serão bem-vindas, já que muitas vezes os gerentes de projetos não sabiam em qual funcionalidade do aplicativo eles deveriam clicar para fazer uma determinada atividade no SMARTALLOC.

6.2 Contribuições

A partir da revisão sistemática realizada com trabalhos que englobam o assunto de alocações de recursos humanos em projetos, foram encontradas 2 lacunas que possibilitam oportunidades para a realização deste trabalho.

Foi identificada uma oportunidade ao notar que nenhum dos trabalhos relacionados utiliza históricos de alocações anteriores para melhorar o processo de alocação futuro. Dentre as tecnologias avaliadas, nenhum trabalho utilizou aprendizado de máquina para melhorar as alocações. O modelo SMARTALLOC utiliza algoritmos de aprendizado de máquina para aprender com alocações anteriores e melhorar as alocações futuras. Esta contribuição, de maneira prática, possibilita que o modelo desenvolvido seja capaz de aprender quais são os recursos humanos mais eficazes na realização de tarefas, de acordo com o objetivo estratégico escolhido (custo, tempo ou qualidade). A partir deste aprendizado, o modelo passa a gerenciar integralmente a alocação de recursos humanos nas tarefas, de modo a garantir a melhor alocação para cumprir com o objetivo da empresa.

Outra oportunidade encontrada foi a criação de um modelo que permita, de forma manual, a escolha dos recursos humanos nos projetos fosse de acordo com o objetivo estratégico escolhido pela empresa (custo, tempo ou qualidade). Em nenhum outro trabalho foi encontrado um modelo que permitisse este tipo de escolha. Essa funcionalidade permite ao gestor de projetos: fazer alocações de recursos humanos mais baratos, quando o objetivo estratégico for custo; fazer alocações de recursos humanos mais rápidos, quando o objetivo estratégico for tempo; fazer alocações de recursos humanos com maior competência, quando o objetivo estratégico for qualidade.

Assim, espera-se que o modelo permita alocações de recursos humanos mais assertivas, através da escolha do objetivo estratégico e do uso de algoritmo de aprendizado de máquina para aprender com o histórico de projetos e recursos já realizados. O modelo SMARTALLOC

permite ainda que o grau de assertividade seja medido através do cálculo de Acurácia, conforme visto no capítulo 4. Desta forma espera-se como resultado uma redução de retrabalho em tarefas, diminuição de custos gerados por uma má gestão das alocações de recursos humanos e empresas atingindo seus objetivos estratégicos no mercado.

REFERÊNCIAS

- ALPAYDIN, E. **Introduction to machine learning**. London, England: The MIT Press Cambridge, Second Edition, 2010.
- ANWAR, Z.; BIBI, N.; AHSAN, A. Expertise based skill management model for effective project resource allocation under stress in software industry of pakistan. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION MANAGEMENT, INNOVATION MANAGEMENT AND INDUSTRIAL ENGINEERING, 2013., 2013. **Anais. . . IEEE Press**, 2013. p. 509–513.
- ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. **Internacional Journal of Project Management**, [S.l.], v. 17, p. 337–342, 1999.
- BALLESTEROS-PEREZ, P.; GONZALEZ-CRUZ, M. C.; FERNANDEZ-DIEGO, M. Human resource allocation management in multiple projects using sociometric techniques. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v. 30, p. 901–913, 2012.
- BARBOSA, L.; ELIAS, G. An ontology for the recommendation of technically qualified teams in distributed software projects. **FSMA Information Systems Magazine**, [S.l.], v. 16, p. 52–70, 2015.
- BARCAUI, A. B. et al. **Time management on projects**. Rio de Janeiro, RJ - Brazil: FGV Publisher, Fourth edition, 2013.
- BATISTA, G. E. d. A. P. A. **Pré-processamento de dados em aprendizado de máquina supervisionado**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — USP, 2003.
- BAUMOTTE, A. C. T. et al. **Resource management on projects**. Rio de Janeiro, RJ - Brazil: FGV Publisher, Third edition, 2013.
- BELL, J. **Machine learning: hands-on for developers and technical professionals**. Indiana - EUA: John Wiley and Sons, Inc., 2015.
- BESIKCI, U.; BILGE, U.; ULUSOY, G. Resource dedication problem in a multi-project environment. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, [S.l.], v. 25, p. 206–229, 2012.
- BHATTACHARYA, G.; GHOSH, K.; CHOWDHURY, A. S. A probabilistic framework for dynamic k estimation in knn classifiers with certainty factor. In: EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PATTERN RECOGNITION (ICAPR), 2015., 2015. **Anais. . . IEEE Press**, 2015. p. 1–5.
- BIBI, N.; AHSAN, A.; ANWAR, Z. Project resource allocation optimization using search based software engineering 2014; a framework. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL INFORMATION MANAGEMENT (ICDIM 2014), 19., 2014. **Anais. . . IEEE Press**, 2014. p. 226–229.
- CHEN, J.; YUN, C.; WANG, Z. Multi-dimensional model method for the human resource allocation in multi-project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION MANAGEMENT, INNOVATION MANAGEMENT AND INDUSTRIAL ENGINEERING, 2009., 2009. **Anais. . . IEEE Press**, 2009. p. 364–366.

COLLINS, R. **Áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos pmbok – 5ª edição.**

Disponível em: <<https://renatacollins.wordpress.com/2016/01/05/renata-collins-4-2/>>.

Acesso em: 21 Junho 2018.

COSTA, A.; SILVA, L.; BASTOS, R. Decision model for allocating human resources in information system projects. In: NATIONAL MEETING OF PRODUCITON ENGINEERING, 29., 2009. **Anais. . . Enegep2009**, 2009.

COVER, T. M.; HART, P. E. Nearest neighbor pattern classification. **IEEE Transactions on Information Theory**, [S.l.], v. 13, p. 21–27, 1967.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Q.**, Minneapolis, MN, USA, v. 13, n. 3, p. 319–340, Sept. 1989.

DORES, S. N. d.; LOPES, P. M.; REIS, C. A. L. Human resources allocation criteria in software development projects. In: CONFERENCIA LATINOAMERICANA EN INFORMATICA (CLEI), 38., 2012. **Anais. . . IEEE Press**, 2012. p. 1–10.

FILHO, G. P. R. **Um sistema de alerta para o monitoramento remoto do consumo de energia usando redes de sensores sem fio.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — USP, 2014.

FILIPPETTO, A. et al. A project management model based on an activity theory ontology. In: LATIN AMERICAN COMPUTING CONFERENCE (CLEI), 2016., 2016. **Anais. . . IEEE Press**, 2016. p. 1–11.

GEROGIANNIS, V. C. et al. A fuzzy linguistic approach for human resource evaluation and selection in software projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT (IEOM), 2015., 2015. **Anais. . . IEEE Press**, 2015. p. 1–9.

GUEDES, G. T. **Uml 2 - uma abordagem prática.** São Paulo - Brasil: Novatec Editora Ltda. Segunda edição, 2011.

HENDRIKS, M.; VOETEN, B.; KROEP, L. Human resource allocation in a multi-project r&d environment: resource capacity allocation and project portfolio planning in practice. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v. 17, p. 181–188, 1999.

JORGENSEN, C. B. **Human resource allocation practices in multi-project organizations: a case study of human resource allocation practices and the contextual conditions that shape them.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — University of Agder, 2015.

KAIBIN, Y. et al. Resource allocation problem in port project portfolio management. In: SEVENTH INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCES AND OPTIMIZATION, 2014., 2014. **Anais. . . IEEE Press**, 2014. p. 159–162.

KERZNER, H. **Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling.** New Jersey - EUA: John Wiley and Sons, Inc. Eight Edition, 2003.

KLIEM, R. **Resource allocation on projects (the essentials guide book 405).** Washington - EUA: LeanPM, LLC, 2016.

- KOHAVI, R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE - VOLUME 2, 14., 1995, San Francisco, CA, USA. **Proceedings. . .** Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1995. p. 1137–1143.
- KORVIN, A. d.; SHIPLEY, M. F.; KLEYLE, R. Utilizing fuzzy compatibility of skill sets for team selection in multi-phase projects. **Journal of Engineering and Technology Management**, [S.l.], v. 19, p. 307–319, 2002.
- KUMAR, A.; GANESH, L. S. Use of petri nets for resource allocation in projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, [S.l.], v. 45, p. 49–56, 1998.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, [S.l.], v. 140, p. 1–55, 1932.
- LIU, J. et al. Artificial intelligence in the 21st century. **IEEE Access**, [S.l.], p. 1–18, 2018.
- LOCOSSELLI, C. J.; ZENKER, M. **Human resource allocation on projects (the essentials guide book 405)**. Rio de Janeiro, RJ - Brazil: Elsevier Brazil, 2013.
- LOPEZ-HERREJON, R. E.; LINSBAUER, L.; EGYED, A. A systematic mapping study of search-based software engineering for software product lines. **Information and Software Technology**, [S.l.], v. 61, p. 33–51, 2015.
- MATA, F. F. D. G. d. **Investigando métodos inteligentes para detecção de anomalias em comportamento de insetos sociais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — UFPA - Universidade Federal do Pará, 2017.
- MITCHELL, T. M. **Machine learning**. New York - EUA: McGraw-Hill Education, 1997.
- MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. Conceitos sobre aprendizado de máquina. In: **Sistemas inteligentes fundamentos e aplicações**. 1. ed. Barueri-SP: Manole Ltda, 2003. p. 89–114.
- NADLER, D. **Human resource allocation in a multiple project environment**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — University of VAASA, 2012.
- OLIVEIRA, C. S.; SOUZA, C. R. B. de; REIS, C. A. L. Study of allocation people in software projects through theory based on data. In: EXPERIMENTAL SOFTWARE ENGINEERING LATIN AMERICA WORKSHOP, 2009. **Anais. . .** [S.l.: s.n.], 2009.
- ONGSULEE, P. Artificial intelligence, machine learning and deep learning. In: FIFTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ICT AND KNOWLEDGE ENGINEERING, 2017., 2017. **Anais. . .** IEEE Press, 2017. p. 1–6.
- PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. A systematic mapping study of search-based software engineering for software product lines. **Information and Software Technology**, [S.l.], v. 64, p. 1–18, 2015.
- PINHA, D. C.; AHLUWALIA, R. S. Flexible resource management and its effect on project cost and duration. **Journal of Industrial Engineering International**, [S.l.], v. 15, p. 119–133, 2019.

PMBOK. **Project management institute. a guide to the project management body of knowledge (pmbok guide)**. Pennsylvania - EUA: Project Management Institute, INC, 2013.

PONSTEEN, A.; KUSTERS, R. J. Classification of human- and automated resource allocation approaches in multi-project management. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S.l.], v. 194, p. 165–173, 2014.

QUAIUM A. K. M. Z.; SHAHRIAR, A. L. R. M. Process centric work breakdown structure of software coding for improving accuracy of estimation, resource loading and progress monitoring of code development. **International Conference on Computers and Information Technology**, [S.l.], v. 13, p. 520–525, 2009.

RASCHKA, S. **Python machine learning**. Birmingham - UK: Packt Publishing Ltd., 2015.

RAYBOULD, M.-L.; LEVIN, G. Connecting practices and processes for project management success. In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ANNUAL SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000. **Anais. . .** Project Management Institute, 2000.

ROUSE, M. **What is ai (artificial intelligence)?** Disponível em: <<http://searchcio.techtarget.com/definition/AI/>>. Acesso em: 21 Junho 2018.

RUSINAITE, T. et al. An approach for allocation of shared resources in the rule-based business process simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES 2016, 17., 2016. **Proceedings. . .** ACM, 2016. p. 25–32.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro - Brasil: Elsevier Editora Ltda Terceira Edição, 2013.

SELARU, C. Resource allocation in project management. **International Journal of Economic Practices and Theories**, [S.l.], v. 2, 2012.

SHAN, X.; JIANG, G.; HUANG, T. The optimization research on the human resource allocation planning in software projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE, 2010., 2010. **Anais. . .** IEEE Press, 2010. p. 1–4.

SHANTHAMALLU, U. S. et al. A brief survey of machine learning methods and their sensor and iot applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION, INTELLIGENCE, SYSTEMS AND APPLICATIONS (IISA), 2017., 2017. **Anais. . .** IEEE, 2017. p. 1–8.

SILVA, L. C. e.; COSTA, A. P. C. S. Decision model for allocating human resources in information system projects. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v. 31, p. 100–108, 2012.

SILVA, M. A.; REIS, C. A. L.; QUITES REIS, R. Assistance to the allocation of people in software projects through policies. In: BRAZILIAN SOFTWARE QUALITY SYMPOSIUM, 6., 2007. **Anais. . .** [S.l.: s.n.], 2007.

STYLIANOU, C.; ANDREOU, A. A. A multi-objective genetic algorithm for software development team staffing based on personality types. **Artificial Intelligence Applications and Innovations**, [S.l.], v. 381, p. 37–47, 2012.

TAG, P. H. Improving business project performance by increasing the effectiveness of resource capacity and allocation policies. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2015., 2015. **Proceedings**. . . IEEE Press, 2015. p. 856–867.

TRENTIM, M. H. **Project management: a guide to capm and pmp certifications**. São Paulo - Brazil: Atlas, Second Edition, 2014.

WENG, W. et al. An approach for allocation optimization of multi-project human resource based on dea. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE, 2010., 2010. **Anais**. . . IEEE Press, 2010. p. 1–4.

ZARAKET, F. A.; OLLEIK, M.; YASSINE, A. A. Skill-based framework for optimal software project selection and resource allocation. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 234, p. 308–318, 2013.

ZHANG, S. et al. A novel k nn algorithm with data-driven k parameter computation. **Pattern Recognition Letters**, [S.l.], v. 109, p. 44–54, 2018.

ZHOU, L. A project human resource allocation method based on software architecture and social network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING, 2008., 2008. **Anais**. . . IEEE Press, 2008. p. 1–6.

APÊNDICE A – ENTREVISTA ESTRUTURADA SOBRE PERFIL DA EMPRESA E GESTORES

SMARTALLOC

PESQUISA DE PERFIL DA EMPRESA E GESTORES Agosto de 2018

PERFIL EMPRESA / GESTOR

SOBRE ALOCAÇÃO DE RECURSOS

Preencha os espaços ou escolha a alternativa MAIS ADEQUADA:

1) Nome? _____

2) Qual seu sexo? Masc. Femin.

3) Idade? _____

4) Sua empresa? _____

5) Área de atuação da empresa? _____

6) Quantidade de funcionários total? _____

7) Tempo na empresa (anos)? _____

8) Tempo como gerente de projetos (anos)? _____

9) Quantidade de profissionais sob sua responsabilidade? _____

10) Média de projetos por mês? _____

11) Ocorrem projetos simultâneos?
 Sim Não

12) Em geral, qual o objetivo estratégico que você busca em um projeto? (mais de uma opção é possível)
 Tempo
 Custo
 Qualidade

13) Você acredita que as ferramentas de gestão de projetos resolvem os desafios de alocação de recursos de forma eficaz? (uma opção somente)
 Não
 Sim
 Em parte

14) Numere abaixo de acordo com a FREQUÊNCIA:

0 – nunca acontece
 1 – raramente acontece
 2 – acontece às vezes
 3 – acontece frequentemente
 4 – sempre acontece

Faço a alocação de recursos usando minha experiência anterior.	0 1 2 3 4
Para fazer a alocação, utilizo ferramentas específicas.	0 1 2 3 4
Encontro desafios para lidar com projetos simultâneos	0 1 2 3 4
Sou pressionado a não extrapolar o orçamento estipulado pelo projeto.	0 1 2 3 4
Tenho histórico de todos os projetos anteriores para me auxiliar na decisão.	0 1 2 3 4
Tenho histórico de todas as habilidades e capacidades dos meus recursos humanos.	0 1 2 3 4
Tenho de lidar com falta de recursos humanos.	0 1 2 3 4

COMENTÁRIOS:

Fonte: Elaborado pelo Autor.

