

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

OTIMIZAÇÃO EM DESPACHO DE TÁXIS

MARCELA APARECIDA ANICETO DOS SANTOS

ORIENTADORA: PROFA. DRA. KELEN CRISTIANE TEIXEIRA VIVALDINI

São Carlos - SP

Fevereiro/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

OTIMIZAÇÃO EM DESPACHO DE TÁXIS

MARCELA APARECIDA ANICETO DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração: Inteligência Artificial – Subárea: Sistemas de Automação e Robótica.

Orientadora: Profa. Dra. Kelen Cristiane Teixeira Vivaldini

São Carlos - SP

Fevereiro/2018



Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Marcela Aparecida Aniceto dos Santos, realizada em 22/02/2018:

Kelen Cristiane Teixeira Vivaldini

Profa. Dra. Kelen Cristiane Teixeira Vivaldini
UFSCar

Pedro Augusto Munari Junior

Prof. Dr. Pedro Augusto Munari Junior
UFSCar

Profa. Dra. Veronica Oliveira de Carvalho
UNESP

Ordes Morandin Junior

Prof. Dr. Ordes Morandin Junior
UFSCar

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Veronica Oliveira de Carvalho e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.

Kelen Cristiane Teixeira Vivaldini

Dedico a minha Mãe e Avó

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me guiado e dado forças em todos os obstáculos percorridos nessa caminhada.

Agradeço imensamente a minha família, em especial, a minha mãe Doroti por sempre me apoiar em todas as situações. Ela sempre compreensiva quando aos finais de semana a dedicação aos estudos eram necessárias e, portanto, suas orações sempre presentes a mim. A memória de minha avó Ermelinda, que com todo carinho me apoiou em todos os momentos. Ao meu tio José Luiz, por estar presente em minha vida pessoal e acadêmica desde o Ensino Fundamental, na qual me orientava nas lições da escola.

Aos tios avós Geni e Francisco que desde a graduação me receberam na cidade de São Carlos – SP e me apoiaram.

Ao meu namorado Maykon pela paciência e incentivo em todos os momentos aqui percorridos. Até mesmo quando eu duvidei ele nunca duvidou do meu potencial.

Ao amigo da família Pe. Alfeu sempre presente e conselheiro espiritual da palavra de Deus.

À minha orientadora Profa. Dra. Kelen Vivaldini, pelo apoio, incentivo e por todos os ensinamentos conferidos nessa caminhada.

Aos amigos do Laboratório Tear, Malcolm Vellani, Flávio Rodrigues, Breno Otsuka, Igor Araujo, Diogo Puppim, Diego Dias que contribuíram nas discussões relacionadas a este trabalho e tantas outras discussões enriquecedoras. Aos amigos do Departamento de Computação – DC, Lucas Diniz, Diego Pedroso, Felipe Gobo e Leonardo Schick pelos momentos de estudos e confraternizações.

Aos amigos da Jogatina, Eduardo Prado, Tiago Pinho, Mariana Cordeiro, Thales Sinelli e Gerson Urban, que fizeram os meus dias mais felizes quando o descanso era necessário.

Aos amigos, Caroline Raimundo, Diogo Melo, Lorrana Morelli, Richard Valefuogo, Marcella Valefuogo, Jéssica Poellnitz, Welington Puerta, Alan Henrique e Tamyris Marconi que estão presentes em minha vida.

Aos professores do Departamento de Computação – DC e funcionários que contribuíram para o meu crescimento profissional.

A empresa *Easy Taxi* parceira a este trabalho que disponibilizou os dados e equipamentos para que os testes pudessem ser realizados. Em especial ao Rafael Coronel pela atenção e discussões enriquecedoras.

Aos professores que aceitaram participar da banca de defesa deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço imensamente!

"Não desanime, não se desespere. Pois nem sempre o caminho que leva à felicidade está isento de sofrimentos ... O troféu de quem desiste é a frustração; de quem sofre, é a esperança; de quem persiste, é a conquista. Muitas vitórias nascem pela dor. E nenhuma vitória acontece quando você desiste."

Frei Paulo Sampaio.

RESUMO

SANTOS, Marcela Aparecida Aniceto dos (2019). *Otimização em despacho de táxis*. Dissertação – Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018, 138 pg.

Nos últimos anos diversas estratégias vêm sendo desenvolvidas por empresas que intermediam a comunicação entre o passageiro e o taxista através de aplicativos de chamadas. Essa intermediação é conhecida como atribuição de um táxi a um passageiro e é abordada em métodos de despacho de táxis. Assim, para selecionar um táxi é necessário adotar alguma estratégia, como por exemplo: o táxi mais próximo ao passageiro, o táxi que atenderá em menor tempo estimado, dentre outras. Vale ressaltar que a qualquer instante passageiros podem cancelar a solicitação e taxistas podem cancelar o atendimento. Diversos fatores levam a este tipo de cancelamento, sendo para o passageiro o principal motivo a distância do taxista e para o motorista o destino do passageiro, pois o motorista só tem o conhecimento do destino do passageiro após o aceite da solicitação. Desta forma, dependendo da estratégia adotada pode-se atribuir um táxi que não tem o interesse em realizar a corrida e esta solicitação não ser atendida ou cancelada. Logo uma das estratégias relacionadas ao despacho do táxi ao passageiro é direcionar as solicitações de atendimento para os táxis com a maior chance de aceite. Assim alguns parâmetros podem ser analisados para tomada de decisão referente a escolha do táxi a ser atribuído ao passageiro. Nesse cenário, os métodos de otimização podem ser usados para auxiliar o processo de tomada de decisão e, dessa forma, selecionar o táxi com maior chance para atendimento. Portanto, o objetivo desse trabalho é propor um método de otimização que usa um modelo matemático de programação linear para tomada de decisão de qual o táxi a ser atribuído a um determinado passageiro de forma a direcionar a solicitação para o táxi com maior chance de aceite. Neste método de despacho de táxi serão adotadas como estratégia os seguintes critérios a distância entre táxi/passageiro, a nota do táxi dada pelo passageiro, quantidades de cancelamentos e recusa do taxista, selo de fidelidade do táxi, *go to home* e o índice de envelhecimento para homogeneização das atribuições de táxis/passageiros. Dados reais foram usados nos testes e comparações considerando o ponto de origem do táxi e do passageiro foram realizadas. Nas comparações, foram adotados os métodos de distância euclidiana e o método de cálculo de distância real (esse último, realizado por intermédio do projeto de mapeamento colaborativo – *OpenStreetMap*). As análises relacionadas à diversidade de parâmetros para atribuição táxi/passageiro foram realizadas e demonstraram a influência dos pesos atribuídos aos parâmetros no modelo matemático e mostraram que o envio das solicitações foram aos taxistas com maior chance de aceite.

Palavras-chave: Táxis, Despacho de Táxis, Otimização, Atribuição Táxi/Passageiro

ABSTRACT

SANTOS, Marcela Aparecida Aniceto dos (2019). *Optimization on dispatching taxis*. Dissertação – Department of Computer, Federal University of São Carlos, São Carlos, 2018, 138 pg.

In the last years several strategies have been developed by companies that intermediate the communication between the passenger and the taxi driver with the call applications. This intermediation is known as assigning a taxi to a passenger and is used in methods of dispatching taxis. To select a taxi it is necessary to adopt some strategy, such as: the taxi nearest to the passenger, the taxi that has the least estimated time arrival, among others. It is worth mentioning that at any moment passengers can cancel the request and taxi drivers can cancel the service. Several factors lead to this type of cancellation, being for the passenger the main reason for the distance of the driver and the driver the destination of the passenger, because the driver only has the knowledge of the destination of the passenger after the accept of the request. In this way, depending on the adopted strategy, we can assign a taxi that does not have the interest in accept this request or canceled. One of the strategies related to the dispatch of the taxi to the passenger is to direct the service requests for the taxis with the greater chance of acceptance. Thus some parameters can be analyzed for decision making regarding the choice of taxi to be assigned to the passenger. In this scenario, the optimization methods can be used to aid the decision-making process and, thus, to select the taxi with the greatest chance for service. Therefore, the objective of this work is to propose an optimization method that uses a mathematical model of linear programming for decision making of which taxi to be assigned to a determining passenger in order to direct the request to the taxi with greater chance of acceptance. In this taxi dispatch method, the following criteria will be adopted: distance between taxi / passenger, taxi's note given by the passenger, taxi driver's cancellation and refusal quantities, taxi's fidelity stamp, go to home and the aging index for the homogenization of taxis / passenger assignments. Actual data were used in the tests and comparisons considering the point of origin of the taxi and the passenger were performed. In the comparisons, the Euclidean distance methods and the actual distance calculation method were used (the latter, carried out through the collaborative mapping project - OpenStreetMap). The analyzes related to the diversity of parameters for taxicab / passenger assignment were performed and demonstrated the influence of the weights assigned to the parameters in the mathematical model and showed that the sending of the requests were to the taxi drivers with greater chance of acceptance.

Keywords: Taxi, Taxis Dispatch, Optimization, Taxi/Passenger Assignment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Atribuição de tarefas às pessoas no PD.....	30
Figura 3.2 Atribuição de tarefas às pessoas no PDG.....	32
Figura 3.3 Fluxograma Geral o Modelo Básico para Despacho de Táxis.....	34
Figura 3.4 Em (a) execução de quatro <i>jobs</i> na ordem original. Em (b) execução <i>job</i> mais curto primeiro. Adaptado de Tanenbaum (2003)	35
Figura 4.1 Representação dos possíveis táxis a atribuir aos passageiros	40
Figura 5.1 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Despacho de Táxis	46
Figura 5.2 - Página do <i>OpenStreetMap</i> com a cidade de São Paulo – SP – Brasil ao centro ..	53
Figura 5.3 - OSM com destaque para o caminho entre dois pontos.....	54
Figura 5.4 - Exemplo de táxis dispostos em camadas	57
Figura 6.1 - Posição Latitude x Longitude do Táxi/Passageiro para o Cenário 1	63
Figura 6.2 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Cenário 1 Teste 01	65
Figura 6.3 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 1 Teste 01	67
Figura 6.4 - Posição Latitude x Longitude do Táxi/Passageiro Cenário 2.....	68
Figura 6.5 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações Cenário 2.....	70
Figura 6.6 - Gráfico referente à Distância e os Selos Fidelidade Normalizados (Cenário 2) ..	70
Figura 6.7 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 2 Teste 01	71
Figura 9.1 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 02.....	82
Figura 9.2 - Recusas Normalizadas x Táxis – Teste 02.....	82
Figura 9.3 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 03.....	84
Figura 9.4 - Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 03	84
Figura 9.5 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 04.....	86
Figura 9.6 - Notas Normalizadas x Táxis – Teste 04	86
Figura 9.7 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 05.....	88
Figura 9.8 - <i>Go to Home</i> x Táxis – Teste 05	88

Figura 9.9 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 06.....	90
Figura 9.10 - Selo Fidelidade x Táxis – Teste 06.....	90
Figura 9.11 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 07.....	92
Figura 9.12 - Envelhecimento Normalizado x Táxis – Teste 07.....	92
Figura 9.13 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 08.....	94
Figura 9.14 - Distâncias e Recusas Normalizadas x Táxis – Teste 08.....	94
Figura 9.15 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 09.....	96
Figura 9.16 - Distâncias e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 09.....	96
Figura 9.17 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 10.....	98
Figura 9.18 - Distâncias e Notas Normalizadas x Táxis – Teste 10.....	98
Figura 9.19 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 11.....	100
Figura 9.20 - Distâncias e <i>Go to Home</i> Normalizados x Táxis – Teste 11.....	100
Figura 9.21 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 12.....	102
Figura 9.22 - Distâncias e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 12.....	102
Figura 9.23 - - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 13.....	104
Figura 9.24 - Distâncias e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 13.....	104
Figura 9.25 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 14.....	106
Figura 9.26 - Recusas e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 14.....	106
Figura 9.27 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 15.....	108
Figura 9.28 - Recusas e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 15.....	108
Figura 9.29 - - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 16.....	110
Figura 9.30 - Recusas e <i>Go to Home</i> Normalizados x Táxis.....	110

Figura 9.31 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 17.....	112
Figura 9.32 - Recusas e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis.....	112
Figura 9.33 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 18.....	114
Figura 9.34 - Recusas e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 18.....	114
Figura 9.35 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 19.....	116
Figura 9.36 - Cancelamentos e Notas Normalizadas x Táxis.....	116
Figura 9.37 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 20.....	118
Figura 9.38 - Cancelamentos e <i>Go to Home</i> Normalizados x Táxis – Teste 20.....	118
Figura 9.39 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 21.....	120
Figura 9.40 - Cancelamentos e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 21.....	120
Figura 9.41 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 22.....	122
Figura 9.42 - Cancelamentos e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 22.....	122
Figura 9.43 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 23.....	124
Figura 9.44 - Notas e <i>Go to Home</i> Normalizados x Táxis – Teste 23.....	124
Figura 9.45 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 24.....	126
Figura 9.46 - Notas e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis	126
Figura 9.47 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 25.....	128
Figura 9.48 - Notas e Envelhecimentos Normalizados x Táxis	128
Figura 9.49 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 26.....	130
Figura 9.50 - <i>Go to Home</i> e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 26.....	130
Figura 9.51 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 27.....	132
Figura 9.52 - <i>Go to Home</i> e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 27.....	132

Figura 9.53 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 28.....	134
Figura 9.54 - Selos Fidelidade e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 28	134
Figura 9.55 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 29.....	136
Figura 9.56 - <i>Go to Home</i> , Selos Fidelidade e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 29	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 - Configuração das camadas.....	57
Tabela 6-1 - Teste com o Modelo Matemático.....	61
Tabela 6-2 - Dados para os Testes do Cenário 1	62
Tabela 6-3 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Cenário 1 Teste 01	63
Tabela 6-4 - Pontuações dos Táxis – Cenário 1 Teste 01.....	64
Tabela 6-5 - Dados de oferta e aceite da corrida testada – Cenário 1 Teste 01.....	65
Tabela 6-6 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 1 Teste 01.....	66
Tabela 6-7 - Dados do Cenário 2.....	67
Tabela 6-8 - Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Cenário 2 Teste 01 ..	68
Tabela 6-9 - Pontuações dos Táxis Cenário 2 Teste 1.....	69
Tabela 9-1 - Pesos Usados em Cada um dos Testes Executados do Cenário 1.....	79
Tabela 9-2 - Táxis escolhidos nos testes realizados para o Cenário 1.....	80
Tabela 9-3 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 02	81
Tabela 9-4 – Recusas Normalizada e Pontuações dos Táxis – Teste 02.....	81
Tabela 9-5 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 03	83
Tabela 9-6 – Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 03.....	83
Tabela 9-7 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 04	85
Tabela 9-8 – Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 04	85
Tabela 9-9 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 05	87
Tabela 9-10 – <i>Go to Home</i> e Pontuações dos Táxis – Teste 05	87
Tabela 9-11 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 06	89
Tabela 9-12 – Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 06.....	89
Tabela 9-13 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 07	91
Tabela 9-14 – Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 07.....	91
Tabela 9-15 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 08	93
Tabela 9-16 – Distâncias Reais, Recusas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 08..	93
Tabela 9-17 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 09	95
Tabela 9-18 – Distâncias Reais, Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 09	95
Tabela 9-19 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 10	97
Tabela 9-20 – Distâncias Reais, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 10.....	97

Tabela 9-21 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 11	99
Tabela 9-22 – Distâncias Reais, <i>Go to Home</i> e Pontuações dos Táxis – Teste 11	99
Tabela 9-23 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 12	101
Tabela 9-24 – Distâncias Reais, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 12	101
Tabela 9-25 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 13	103
Tabela 9-26 – Distâncias Reais, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 13	103
Tabela 9-27 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 14	105
Tabela 9-28 – Recusas Normalizadas, Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 14	105
Tabela 9-29 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 15	107
Tabela 9-30 – Recusas Normalizadas, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 15	107
Tabela 9-31 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 16	109
Tabela 9-32 – Recusas Normalizadas, <i>Go to Home</i> e Pontuações dos Táxis – Teste 01	109
Tabela 9-33 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 17	111
Tabela 9-34 – Recusas Normalizadas, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 17.....	111
Tabela 9-35 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 18	113
Tabela 9-36 – Recusas Normalizadas, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 18	113
Tabela 9-37 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 19	115
Tabela 9-38 – Cancelamentos Normalizados, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 19	115
Tabela 9-39 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 20	117
Tabela 9-40 – Cancelamentos Normalizados, <i>Go to Home</i> e Pontuações dos Táxis – Teste 20	117
Tabela 9-41 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 21	119
Tabela 9-42 – Cancelamentos Normalizados, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 21	119
Tabela 9-43 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 22	121
Tabela 9-44 – Cancelamentos Normalizados, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 22	121

Tabela 9-45 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 23	123
Tabela 9-46 – Notas Normalizadas, <i>Go to Home</i> e Pontuações dos Táxis – Teste 23.....	123
Tabela 9-47 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 24	125
Tabela 9-48 – Notas Normalizadas, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 24	125
Tabela 9-49 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 25	127
Tabela 9-50 – Notas Normalizadas, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 25	127
Tabela 9-51 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 26	129
Tabela 9-52 – <i>Go to Home</i> , Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 26	129
Tabela 9-53 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 27	131
Tabela 9-54 – <i>Go to Home</i> , Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 27	131
Tabela 9-55 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 28	133
Tabela 9-56 – Selos de Fidelidade Normalizados, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 28.....	133
Tabela 9-57 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 29	135
Tabela 9-58 – <i>Go to Home</i> , Selos de Fidelidade Normalizados e Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 29.....	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Algoritmo Genético (do inglês: <i>Genetic Algorithm</i>)
AGV	<i>Automated Guided Vehicles</i>
CPU	<i>Computer Process Unit</i>
FCFS	<i>First Come First Served</i>
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IMSL	<i>International Mathematics and Statistics Library</i>
MTS	<i>Mobile Taxi-hailing System</i>
PCEJT	Problema de Coleta e Entrega com Janela de Tempo
PCM	Problema do Caminho Mínimo
PD	Problema de Designação
PDG	Problema de Designação Generalizada
PDV	Problema de Despacho de Veículos
PRV	Problema de Roteamento de Veículos)
PRVJT	Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo
SJF	<i>Shortest Job First</i>
ST-NN	<i>Spatio-Temporal Neural Network</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Motivação

As características de flexibilidade e facilidade de acesso tem tornado o táxi um meio de transporte importante e indispensável nos dias atuais (Gao, Xiao, & Zhao, 2016; Verma & Vo, 2015). Algum tempo atrás as formas mais comuns de solicitar um táxi eram ligar para uma central de táxi ou diretamente ao taxista e também acenar para um táxi na rua. Devido a popularização de smartphones, surgiram o desenvolvimento de aplicativos de chamadas de táxi, e diversas empresas começaram a atuar neste ramo (Uber, Lyft, EasyTaxi, 99Taxis, TaxiBeat, Safer Táxi).

Neste sentido, diversas estratégias estão sendo implementadas por empresas que intermediam a comunicação entre o passageiro e o taxista como o uso de aplicativos de chamada para gerenciamento do transporte de passageiros. Esses aplicativos tem a finalidade de facilitar a comunicação entre taxistas e passageiros para a solicitação de um táxi. O taxista que recebe esta solicitação opta por atender ou esperar a próxima solicitação. Essa intermediação é conhecida como atribuição de um táxi a um passageiro e é abordada em métodos de despacho de táxis.

No contexto de despacho de táxis, para selecionar um táxi é necessário adotar alguma estratégia, como por exemplo: o táxi mais próximo ao passageiro, o táxi que atenderá em menor tempo estimado, a junção das estratégias anteriores dentre outras. Vale ressaltar que a qualquer instante passageiros podem cancelar a solicitação e taxistas podem cancelar o atendimento. Diversos fatores levam a este tipo de cancelamento, sendo para o passageiro os principais motivos a distância do taxista e para o motorista a distância do passageiro e o destino do mesmo, pois o motorista só tem o conhecimento do destino do passageiro após o

aceite da solicitação. Desta forma, dependendo da estratégia adotada pode-se atribuir um táxi que não tem o interesse em realizar a corrida e esta solicitação não ser atendida ou ser cancelada.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de adequar as estratégias de despacho de táxis direcionando as solicitações de forma que esta possua maior chance de ser atendida (Gao, Xiao, & Zhao, 2016; Zhang et al., 2017). Uma das abordagens para solução é com uso de métodos de otimização (Bai, Li, Atkin, & Kendall, 2014; Yang, Leung, Wong, & Bell, 2010).

Para a modelagem do problema o uso de um modelo matemático, mais especificamente de programação linear, destaca-se uma vez que o mesmo representa o problema de forma simplificada e possibilita um suporte formal e confiável ao processo.

Ademais, com o modelo matemático definido, os algoritmos de otimização podem ser usados para auxiliar o processo de tomada de decisão, como pode ser visto nos trabalhos de Ali, Reynolds, (2014); Ferdous, Shatabda; Huda, (2015); Murça, (2017).

Logo, existe a necessidade de resolver adequadamente a atribuição de um táxi a um passageiro e propiciar uma tomada de decisão que leve em consideração diversos parâmetros para análise de desempenho e definir a escolha do táxi de modo que esta possua maior chance de ser atendida.

Portanto, este trabalho tem como objetivo propor um método de otimização que usa um modelo matemático de programação linear para tomada de decisão de qual o táxi a ser atribuído a um determinado passageiro de forma a direcionar a solicitação para o táxi com maior chance de aceite. Neste método de despacho de táxi serão adotadas como estratégia os seguintes critérios a distância entre táxi/passageiro, a nota do táxi dada pelo passageiro, quantidades de cancelamentos e recusa do taxista, selo de fidelidade do táxi, *go to home* e o índice de envelhecimento para homogeneização das atribuições de táxis/passageiros.

1.2 Justificativa

Para a tomada de decisão no contexto de despacho de táxis, os responsáveis buscam na otimização maximizar desempenhos ou minimizar custos.

Dentro deste contexto, estratégias de otimização são amplamente utilizadas para desenvolver soluções na área de despacho de veículos com o uso de modelos matemáticos e algoritmos de otimização (LEE, LAU, KO, 2009; MAJZOUBI, BAI, HERAGU, 2012 e WANG, CHEU, LEE, 2014).

Nestes trabalhos são propostas melhorias em diversas situações tais como: o tempo de busca por um táxi, a decisão de mudar a posição do táxi para o atendimento ao passageiro, a alocação de táxi onde a demanda é maior, demanda não atendida e inclusive na busca e atribuição de táxi/passageiro (ANWAR, VOLKOV, RUS 2013 e YAO, LONG, LI 2013).

Vale ressaltar que nessas abordagens não são levados em consideração parâmetros como: a nota do táxi dada pelo passageiro, selo de fidelidade do táxi, *go to home* e o índice de envelhecimento para homogeneização das atribuições de táxis/passageiros, entre outras que possam avaliar o táxi a ser atribuído ao passageiro em tempo adequado.

1.3 Objetivos

Como objetivo geral tem -se:

- Propor uma abordagem para despacho de táxis usando um modelo matemático de programação linear para atribuições dos táxis aos passageiros.

Como objetivo específicos:

- Desenvolver o modelo matemático, bem como a definição da função de maximização, os parâmetros e restrições;
- Realizar os testes computacionais com o uso de dados reais e alterar os pesos referentes aos parâmetros para a mostrar a influência na escolha dos táxis.

1.4 Organização do Trabalho

No capítulo 2 foram apresentados os métodos abordados nos artigos relacionados ao trabalho, mais especificamente referente à diversidade de restrições, utilizadas em modelos relacionados a táxis e problemas de despacho de veículos.

No capítulo 3 foi apresentada a fundamentação teórica, a qual traz a teoria necessária para o entendimento deste trabalho. Foram abordados conceitos fundamentais juntamente com problemas de otimização relacionados a esta pesquisa.

No capítulo 4 foi apresentada a proposta do trabalho, descrevendo a abordagem para despacho de táxis, bem como a formulação matemática com as restrições do problema.

No capítulo 5 foi apresentada a implementação da proposta deste trabalho, bem como as ferramentas utilizadas.

No capítulo 6 Foram apresentados os testes computacionais realizados e os cenários estabelecidos.

Por fim, o capítulo 7 foi dedicado à conclusão deste trabalho e trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

ARTIGOS RELACIONADOS

Neste capítulo foram abordados trabalhos que tratam a atribuição de táxi a um passageiro, que levam em consideração restrições como: o tempo de atribuição por um táxi, a tomada de decisão referente a posição do táxi para o atendimento ao passageiro, alocação de táxi onde a demanda é maior para realizar a atribuição do táxi ao passageiro, demanda não atendida entre outras restrições. Na seção 2.2 foram abordados trabalhos referentes a área de despacho de veículos, a ideia foi buscar trabalhos no contexto de despacho de veículos em geral até chegar no despacho de táxis com os métodos de solução propostos na literatura. Por fim, as considerações finais do capítulo foram apresentadas contendo um resumo do que foi abordado evidenciando o objeto de estudo com os artigos.

2.1 Problemas Diversos Envolvendo Táxis e Métodos de Solução

Wong *et al.* (2005) propuseram um modelo matemático baseado na cadeia de Markov para modelar o comportamento de busca e espera de táxi/passageiro. O comportamento de busca foi especificado por um *Logit*¹ *Form* e a demanda dos passageiros estimada com um modelo *Logit*. A rede do modelo construído possuía quatro nós, sendo que o primeiro nó representa a área de trabalho onde estão os passageiros, o segundo nó representa a área residencial (alta demanda), o terceiro nó representa o movimento de táxis sem passageiro. Um sistema de filas duplas foi usado para o tempo de espera do passageiro e do táxi. Dessa forma, o problema foi modelado como um conjunto de equações não lineares e para a realização dos testes um exemplo numérico foi dado especificando a demanda e o

¹ Referência para esta técnica encontra-se no trabalho de Bell (1995)

tempo de viagem. O modelo foi resolvido usando as funções da IMSL (*International Mathematics and Statistics Library*), em conjunto com o Algoritmo híbrido de Powell² modificado. Assim, segundo os autores, esse trabalho forneceu uma formulação nova e útil para descrever os serviços de táxi.

Outro trabalho que analisa o tempo de busca e encontro entre táxi/passageiro é Yang *et al.* (2010). Nesse trabalho o objetivo foi minimizar o preço total da viagem e, para isso, os autores propuseram um modelo equilíbrio para caracterizar a busca e encontro de táxi/passageiro em áreas de transporte (um aeroporto, uma estação ferroviária, uma área residencial e uma área comercial). Para validação do trabalho foi realizado um exemplo numérico para investigar a convergência do algoritmo, considerando uma rede com 4 nós, onde cada nó representa uma origem e destino para os passageiros. Realizou-se uma análise de sensibilidade dos resultados do modelo equilíbrio de busca e encontro táxi/passageiro referente à dois fatores principais, o tamanho da frota de táxis e o parâmetro de rentabilidade. Verificando o impacto destes fatores, observou-se que, quanto maior a frota de táxis maior o tempo de convergência do algoritmo e obteve-se um aumento nos tempos médios de espera de táxi e passageiro devido ao parâmetro de rentabilidade (custo).

Bai *et al.* (2014) descreve um *Scheduling System* de táxis baseado em dados de *GPS* (*Global Positioning System*) para realização de um sistema de apoio à decisão para motoristas de táxis a fim de facilitar a troca direta de informações entre táxis/passageiros. Segundo os autores a abordagem de fornecer aos taxistas e aos passageiros um canal de comunicação bidirecional para negociar um *schedule* manual seria provavelmente ineficiente. A abordagem utilizada foi uma concepção melhorada do *schedule* manual para proporcionar um apoio automático à decisão de táxis/passageiros, aproveitando ao máximo as informações de distribuição geográfica dos táxis/passageiros em um mapa digital. Para isso, foi proposto um modelo de teoria dos jogos que trata o problema de *scheduling* como um jogo não-cooperativo entre motoristas de táxis. Os taxistas são considerados autointeressados e competem, em vez de cooperar, uns com os outros por passageiros. Cada taxista tem preferências por passageiros e vice-versa. Utilizou-se o algoritmo *Optimal Stable Matching* para encontrar a correspondência entre táxis e passageiros. São usadas duas estratégias nos testes computacionais para aumentar a eficácia da abordagem. Na primeira estratégia foi usada *First Come First Serve* e 5 minutos de janela de tempo e na segunda estratégia uma combinação da primeira estratégia com a restrição de busca em um raio de 10 km para

² Referência para o algoritmo original de Powell (1964) e para algoritmo híbrido de Powell modificado em Okamoto *et al.* (1998)

encontrar um táxi. A segunda estratégia ganhou em tempo de espera táxi/passageiro da primeira estratégia que obteve, no pior caso, 5 minutos de espera.

Anwar, Volkov e Rus (2013) apresentam um modelo de filas preditivas para alocar de forma eficiente os táxis. O modelo faz uma estimativa de chegada de passageiros baseado nos dados de voos e de táxis que chegam aos aeroportos e, em seguida, envia os táxis aos terminais onde a procura é maior. Foi implantado em uma plataforma de *smartphone* para taxistas para avaliação do desempenho deste sistema em experimentos em larga escala. Essa abordagem mostrou-se eficiente na medida em que o sistema atingiu uma melhoria significativa no tempo de espera de táxis/passageiros.

Yang *et al.* (2014) propuseram um modelo de equações simultâneas *log-linear*, função cujo logaritmo é uma combinação linear dos parâmetros do modelo e uma função *Cobb-Douglas*³ que representa mais de um fator caracterizando o tempo de busca entre táxis e passageiros. Nesse trabalho, foram usadas variáveis internas ao modelo: número de táxis, tarifa de táxi, tempo médio de viagem em táxi ocupado e rendimento disponível. A demanda dos passageiros, tempo médio de espera dos passageiros, tempo médio de espera dos taxistas e o tempo de busca de cada passageiro são usados como variáveis externas. Estas variáveis são acopladas ao modelo simultâneo e os parâmetros são extraídos de banco de dados reais. Os resultados mostraram que o modelo de equações simultâneas pode ser usado para obter informações regulatórias úteis para a tomada de decisões, como o impacto da restrição sobre o número de licenças de táxi e a fixação da estrutura de tarifas de táxi.

Anwar, Odoni e Rus (2015) desenvolveram uma heurística para quantificar a demanda de táxi não atendida. Assim, foi introduzido o conceito de *free taxi minute*, uma métrica que representa o estado do táxi quando disponível em um minuto e mostra como isso pode ser usado para medir a disponibilidade de táxi. Foi construído um aplicativo para *smartphone* que usa um algoritmo juntamente com os dados de táxi para fornecer recomendações em tempo real para os motoristas enviando-as para onde eles são mais necessários. O algoritmo capta corretamente a demanda não atendida em diferentes locais e horários do dia.

Jindal *et al.* (2017) investiga o uso de *Deep Neural Networks* para prever conjuntamente o tempo e distância de viagem do táxi. A proposta foi um modelo, chamado ST-NN (*Spatio-Temporal Neural Network*), que primeiro prevê a distância de viagem entre origem e destino e combina essa previsão com a hora do dia para prever o tempo de viagem.

³ Referência para esta técnica encontra-se em Kuroda, Kalfas e Eller (2012)

A abordagem ST-NN reduz significativamente o erro absoluto médio tanto para o tempo de viagem previsto quanto para a distância, cerca de 17% para a previsão do tempo de viagem. Por fim, concluíram que a abordagem proposta é robusta para dados usados na ST-NN.

2.2 Despacho de Veículos e Métodos de Solução

Budge, Ingolfsson e Erkut (2009) calculam as probabilidades de despacho de veículos em um sistema de serviço de emergência. São analisadas algumas restrições tais como: variação por carga de trabalho em cada estação, quantidade de veículos por estação, tempo de serviço dependente de chamadas e dependência do servidor. Os autores descrevem o algoritmo proposto através de um procedimento de aproximação e para validação foram usados dois conjuntos de dados. No primeiro conjunto de dados de Burwell (1986), com 99 nós de demanda e 5 estações, o que gerou 3.124 casos. Neste procedimento todos os casos convergiram com no máximo de 10 iterações e 0,09 segundos de execução. O segundo conjunto de dados, propostos por Ingolfsson, Erkut e Budge (2003), consiste em 180 nós de demanda e 10 estações, resultando em 55.403 casos. Neste procedimento, o algoritmo também convergiu em todos os casos, mas exigiu até 32 iterações e 0,5 segundo.

Lee, Lau e Ko (2009) propuseram um algoritmo inspirado pelo sistema imunológico humano para resolver o Problema de Despacho de Veículos (PDV) em um terminal de contêiner. Este algoritmo proposto é inspirado pela resposta imunitária mediada por células T⁴ que possuem a capacidade de explorar o ambiente e proporcionar uma resposta imune adaptativa e específica aos antígenos invasores. Uma das restrições é que cada veículo é capaz de fornecer uma resposta imediata às solicitações incertas e cooperar com outros veículos, que estão em paralelo com o comportamento das células imunes. O objetivo nesse trabalho foi otimizar o tempo de permanência dos veículos no terminal de contêiner. Realizou-se estudos de simulação a fim de analisar o desempenho do algoritmo na resolução de um problema típico de despacho de veículos derivado de configurações de terminais e restrições operacionais. Os resultados mostraram boa utilização do veículo e baixo custo computacional quando comparados com um algoritmo baseado em Algoritmo Genético (AG).

⁴ Células T: são células capazes de reconhecer determinados antígenos.

Outro exemplo de trabalho em serviço de emergência é o de Majzoubi, Bai e Heragu (2012). Nesse trabalho, aborda-se o problema de despacho e realocação de veículos do tipo *Engine Management System*. Algumas restrições são consideradas: penalidade de não atender a janela de tempo e a restrição de que um veículo que transporta um paciente de alta prioridade não pode servir a outro paciente até que o serviço para a alta prioridade tenha sido completado. No entanto, um veículo que transporta um paciente de baixa prioridade pode ser reencaminhado para pegar mais um paciente. O objetivo nesse estudo foi a minimização dos custos totais de viagem. Modelos de programação linear inteira e não-linear e um modelo de aproximação foram propostos. Os resultados numéricos em instâncias geradas aleatoriamente mostram que o modelo de programação linear inteiro requer menos tempo de processamento do que o modelo não-linear inteiro. No entanto os autores afirmam que o método heurístico baseado em aproximações obteve o menor tempo e foi considerado eficiente para resolver problemas *NP-hard* e, portanto, adequado para uso em um sistema de suporte de decisão em tempo real.

Em relação especificamente ao despacho de táxis tem-se em Yao, Long e Le (2013) o desenvolvimento de um sistema de despacho inteligente de táxi com base nos dados de *GPS*. Nesse trabalho é proposto uma adaptação do algoritmo de Dijkstra (1959). A mudança está na definição do intervalo máximo de *scheduling* de táxis. Para mostrar a eficiência do algoritmo proposto são realizados experimentos, que mostraram a melhora na redução do tempo e a eficiência do *scheduling*. Os autores ainda citam, como trabalho futuro, combinar as informações de congestionamento de tráfego com o algoritmo proposto para obter resultados mais próximos do real.

Zhang *et al.* (2013) desenvolveram um sistema de despacho de táxi adaptável em aeroportos. Foi proposto o uso de Rede Neural para a relação entre a oferta de táxi e demanda. Também foi proposto um algoritmo de despacho de táxi adaptativo para o serviço de táxi em um ambiente com demanda e oferta variáveis. Para os testes utilizou-se dados reais e com o algoritmo proposto observou-se que o mesmo pode prever, com precisão, os dados dos serviços de táxi e melhorar a eficiência da gestão de táxi.

Wang, Cheu e Lee (2014) propuseram um sistema de despacho de táxi baseado em um algoritmo com estratégia no Problema de Coleta e Entrega com Janela de Tempo (PCEJT). A ideia foi encadear várias viagens de táxi em um tempo específico e gerar reservas de pelo menos 30 minutos. Essa proposta foi definida pelos autores com o nome de *Singapore Taxi Advance Reservation*. E para validação foram feitos experimentos baseados em Lau e Liang (2002) e Li e Lim (2003) que geraram muitos casos de testes para PCEJT a partir das

instâncias de Solomon (1987) para resolver diferentes versões de um algoritmo de Busca Tabu. Vale ressaltar que as instâncias propostas por Solomon (1987) abordam o Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo (PRVJT). Constatou-se pelos resultados apresentados que, com as reservas de viagens feitas, a frota de táxis poderia ser reduzida.

Outro problema relacionado ao despacho de táxis é o serviço de *booking* táxi proposto em Verma e Vo (2015). Nesse trabalho são propostas técnicas baseadas em dados de *GPS* para identificar o táxi que o sistema deve despachar. São analisados o *matching* entre táxis e passageiros, com base na demanda em tempo real e nos táxis disponíveis. Também são construídos modelos preditivos de tempo de viagem de táxi e incorporados ao sistema de despacho para realizar a estratégia de *matching* de táxi e passageiros. Desse modo, foi possível analisar a combinação de táxis que estariam disponíveis em um futuro próximo perto dos locais onde se encontravam os passageiros. Por fim, foi avaliado o algoritmo de correspondência *user-Taxi Matching* proposto com dados de táxi reais. Os resultados experimentais confirmam que o sistema de despacho preditivo pôde lidar eficientemente com períodos de alta demanda reduzindo os pedidos repetidos dos passageiros.

Miao *et al.* (2016) apresentaram o *Receding Horizon Control* (RHC) para despacho de táxis que incorpora modelos de demanda/oferta altamente correlacionados e informações de localização *GPS* em tempo real. Os objetivos ainda incluíram a comparação da relação entre a demanda e a oferta para a qualidade do serviço. A extensa análise com um conjunto de dados contendo registros operacionais de táxi da cidade de São Francisco localizada no estado da Califórnia nos Estados Unidos mostraram que a solução encontrada reduz a distância livre total média em 52% e reduz o erro de demanda na cidade durante um intervalo de tempo experimental em 45%. Além disso, a estrutura RHC mostrou-se compatível com uma ampla variedade de modelos preditivos e formulações de problemas de otimização.

Gao, Xiao e Zhao (2016) propuseram um *Mobile Taxi-hailing System* (MTS) baseado em despacho de multitáxi ótimo. Diferente dos modos de competição usados nos sistemas de táxis, o MTS atribui de forma proativa os táxis vagos aos passageiros. Para o problema de despacho de táxi no MTS, definiu-se uma função de utilidade do sistema, que envolve o total de lucro dos táxis, o custo associado às distâncias de viagem vazias dos táxis, tempo de espera dos passageiros, requisitos dos passageiros por táxis específicos e outras configurações de recursos. O objetivo nesse trabalho foi maximizar a função de utilidade do sistema. Para resolver este problema foi proposto um algoritmo ótimo baseado na ideia de Kuhn-Munkres⁵.

⁵ O Algoritmo mencionado encontra-se em Munkres (1957) e a sua adaptação, no trabalho de Kuhn (2010).

Assim, para a avaliação do desempenho, foram implementados os algoritmos a fim de realizar comparações: Atribuir Táxi mais Próximo a Passageiro, Maximizar Lucro Líquido de Táxis e *Stable Matching*.

2.3 Considerações Finais

Por fim, percebe-se com esta revisão que diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no contexto de táxis e diversas restrições foram utilizadas na modelagem dos problemas. Pode-se observar que, na atualidade, muitos trabalhos relacionados ao despacho de veículos estão sendo desenvolvidos e métodos de soluções variados. Com métodos de soluções, os algoritmos de otimização estão sendo bem usados e tendo bons resultados para diferentes restrições de despacho o que mostra a importância e relevância para área.

Nessas abordagens são consideradas como uma das estratégias a distância para a tomada de decisão de qual táxi será atribuído ao passageiro, o menor tempo para atribuição, cancelamento de corridas feitas por taxistas entre outras. Estas informações são relevantes na tomada de decisões estratégicas para a construção do modelo de despacho, pois a partir disso são definidas funções objetivos e restrições, permitindo soluções mais alinhada e otimizadas em relação aos objetivos definidos.

É importante destacar que nessas abordagens não são levados em consideração algumas características como a nota dada pelo passageiro ao táxi pela corrida realizada, índice de envelhecimento para homogeneização das atribuições de táxis/passageiros, entre outros. A análise desses parâmetros permitiria avaliar o táxi a ser atribuído ao passageiro com o intuito de adequar as estratégias de despacho de táxis direcionando as solicitações de forma que esta possua maior chance de ser atendida, o que evidencia a pesquisa em estudo.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, foram apresentados os conceitos fundamentais para o entendimento desse trabalho. O Problema de Designação (PD) e Problema de Designação Generalizada (PDG) juntamente com suas formulações matemáticas.

Foram apresentados também o algoritmo de escalonamento *Shortest Job First* com a ideia do índice de envelhecimento e o Modelo Básico para de Despacho MBDT.

Por fim, foram apresentadas as considerações finais contendo uma síntese da fundamentação teórica e destacando a importância da teoria apresentada para a compreensão e execução desse trabalho.

3.1 Problema de Designação (PD)

Este tipo de problema envolve a designação ou a atribuição de tarefas à agentes. Os agentes são termos genéricos com significado específico para cada tipo de problema prático.

Segundo Arenales *et al.* (2015) o problema de designação ocorre em diversas aplicações de forma isolada ou como subproblema de um problema mais complexo.

Considere o problema da seguinte forma: n tarefas e n agentes, tal que cada tarefa é realizada por um único agente e cada agente realiza uma única tarefa. O objetivo deste problema pode ser referente à minimização total dos custos, ou seja, a execução da tarefa j pelo agente i tem um custo c_{ij} . Ou pode-se ter como objetivo a maximização total da eficiência do agente i na execução da tarefa j .

Na Figura 3.1 tem-se três pessoas para serem atribuídas a três tarefas, ou seja, neste caso deseja-se designar uma tarefa para cada pessoa de modo a maximizar a eficiência total da pessoa na execução da tarefa. A eficiência da pessoa neste caso pode ser relacionada com as aptidões/habilidades da mesma na execução da tarefa.

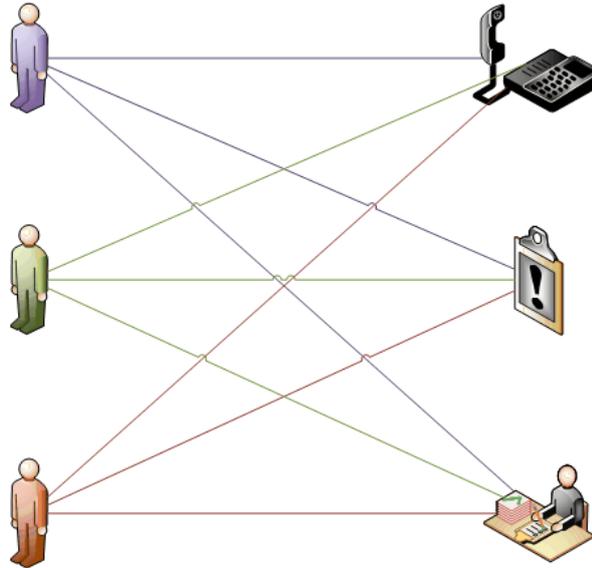


Figura 3.1 Atribuição de tarefas às pessoas no PD

Considere a seguinte formulação matemática:

Parâmetros:

- n pessoas para executarem n tarefas
- p_{ij} eficiência da pessoa i na tarefa j

Variáveis de decisões:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a pessoa } i \text{ deve executar a tarefa } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Segue o modelo:

$$\text{Maximizar} \quad f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \quad (3.3.1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (3.3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.3.3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, n \quad (3.3.4)$$

A função objetivo (3.3.1) representa a maximização total da eficiência da pessoa i executar a tarefa j . As restrições (3.3.2) garantem que cada pessoa i executará uma única tarefa j e as restrições (3.3.3) asseguram que cada tarefa j será executada por uma única pessoa i . Por fim, as restrições (3.3.4) definem o domínio das variáveis de decisões.

3.2 Problema de Designação Generalizada (PDG)

Neste problema, tem-se m agentes e n tarefas, com $m < n$ cada tarefa deve ser executada por um único agente, e um agente pode executar mais de uma tarefa. A execução da tarefa j pelo agente i requer uma quantidade a_{ij} do recurso, como por exemplo horas disponíveis. O agente i tem capacidade de recurso b_i .

Na Figura 3.2 há duas pessoas para serem atribuídas à três tarefas, ou seja, neste caso uma tarefa sobrar, ou se existir recurso disponível, uma pessoa poderá ser atribuída a duas tarefas.

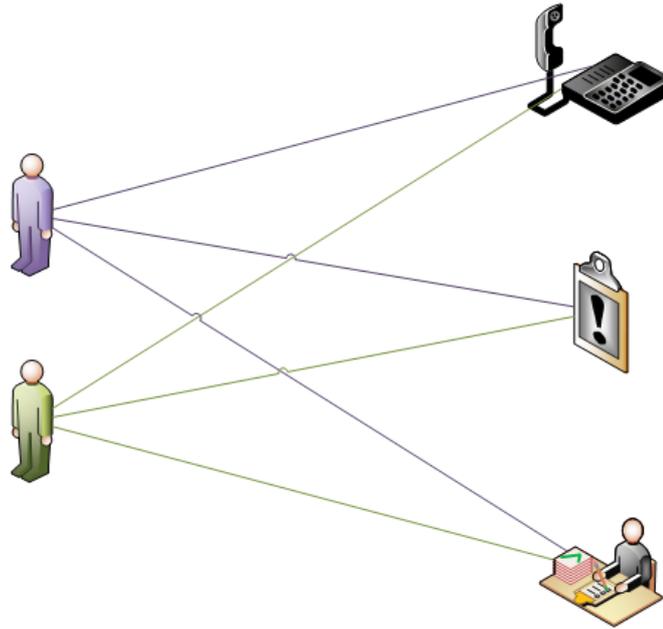


Figura 3.2 Atribuição de tarefas às pessoas no PDG

O problema de designação generalizada permite que um elemento do conjunto seja designado a mais de um elemento do outro conjunto.

Parâmetros:

- m pessoas para executarem n tarefas
- p_{ij} eficiência da pessoa i na tarefa j
- a_{ij} tempo que a pessoa i precisa para finalizar a tarefa j
- b_i tempo total que a pessoa i tem disponível

Variáveis de decisões

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a pessoa } i \text{ deve executar a tarefa } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Segue o modelo:

$$\text{Maximizar} \quad f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \quad (3.4.1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_{ij} \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3.4.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.4.3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m \text{ e } j = 1, \dots, n \quad (3.4.4)$$

A função objetivo (3.4.1) representa a maximização total da eficiência da pessoa i executar a tarefa j . As restrições (3.4.2) garantem que serão respeitados os recursos disponíveis para a execução da tarefa j e as restrições (3.4.3) asseguram que cada tarefa j será executada por uma única pessoa i . Por fim, as restrições (3.4.4) definem o domínio das variáveis de decisões.

Vale destacar que, as variáveis de decisão podem ser definidas com $x_{ij} \geq 0$, sem perder a garantia de serem binárias na solução ótima.

3.3 Modelo Básico para Despacho de Táxis (MBDT)

Diversas estratégias para despacho de táxis vêm sendo implementada em empresas de mobilidade urbana como *Uber*, *Lyft*, *EasyTaxi*, *99Taxis*, *TaxiBeat*, entre outras. Um dos modelos usados é o chamado, neste trabalho, de Modelo Básico de Despacho de Táxi (MBDT) representado na Figura 3.3.

Antes de explicarmos o fluxograma geral do MBDT é necessário ter estabelecido previamente as configurações de busca por um táxi, ou seja, qual a distância máxima para selecionar um táxi e quais os critérios que serão usados para o envio de solicitações aos taxistas.

Assim, em **Solicitar Táxi** ocorre a solicitação de táxi pelo passageiro. Na próxima etapa chamada **Selecionar Táxis** são verificados os táxis que estão disponíveis para o atendimento ao passageiro no momento da solicitação. Neste processo pode ser usado a distância euclidiana como forma de seleção inicial dos táxis. No próximo processo **Analisar Táxis** pode ser utilizado o cálculo da distância real ou menor tempo estimado de chegada dos táxis. Dentro desta busca está implícito a utilização de métodos de caminho mínimo. Em **Enviar Solicitação de Atendimento** é enviado aos táxis as solicitações de atendimento pela ordem definido em **Analisar Táxis**. O envio, possui um tempo específico em segundos para prosseguir para os próximos táxis. Há a verificação se algum táxi aceitou a solicitação de atendimento, em caso positivo o primeiro táxi que aceitar é atribuído ao passageiro.



Figura 3.3 Fluxograma Geral o Modelo Básico para Despacho de Táxis

3.4 Shortest Job First (SJF)

O SJF é um algoritmo de escalonamento que executa entre os processos igualmente importantes, escolhendo o processo mais curto primeiro. Dessa forma, minimiza-se a quantidade média do processo e por isso se mostra tão interessante, pois garante que o tempo médio final de execução será mínimo. O SJF é largamente utilizado na área de computação já que esse algoritmo é empregado para fazer a distribuição de tarefas para o processador (CPU-*process*).

A seguir será dado um exemplo do funcionamento do SJF. Na Figura 3.4 (a) encontram-se 4 *jobs*⁶ - A, B, C e D - com seus respectivos tempos de execução – 8, 4, 4 e 4 minutos. Ao executar nesta ordem, o tempo de retorno para A é de 8 minutos, para B é de 12 minutos, C de 16 minutos e para D 20 minutos o que resulta em uma média de 14 minutos. Agora em (b) considerado a execução desses 4 *jobs* executando o *job* mais curto primeiro (SJF) têm-se os tempos de retorno 4, 8, 12 e 20, com média de 11 minutos. Logo usando o SJF obteve-se um tempo de espera dos processos menor em (b) do que a execução por ordem de chegada em (a).

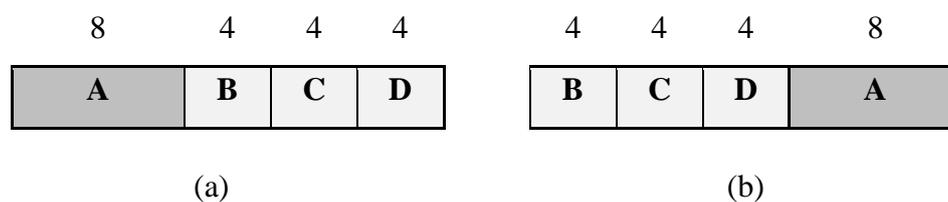


Figura 3.4 Em (a) execução de quatro *jobs* na ordem original. Em (b) execução *job* mais curto primeiro. Adaptado de Tanenbaum (2003)

Um problema associado ao algoritmo de escalonamento SJF é a possibilidade de inanição (*starvation*) dos processos mais longos. Caso o fluxo dos processos mais curtos seja elevado, os processos mais longos nunca serão escolhidas e vão ficar esperando na fila para

⁶ Refere-se a tarefas (do inglês: *job*) a serem realizados/executados

execução. Esse problema pode ser resolvido através de técnicas de envelhecimento. Uma vez que o uso do índice de envelhecimento torna o processo mais prioritário em cada iteração (Singh Rajput & Gupta, 2013).

O algoritmo 2 mostra o pseudocódigo do algoritmo SJF básico de escalonamento.

Algoritmo 2 Pseudocódigo *Shortest Job First*

- 1: **Inicializar** processos
 - 2: **Declarar** tamanho do vetor
 - 3: **Selecionar** número de elementos a serem inseridos na lista
 - 4: **Calcular** o tempo médio de espera dos processos
 - 5: **Enquanto** processos != 0
 - 6: **Selecionar** processo que tem o tempo mais curto de processamento
 - 7: **Se** mais de 1 processo tem o mesmo tempo de processamento
 - 8: **Chamar** Algoritmo FCFS (*First Come First Serve*)
 - 9: **Executar** primeiro processo
 - 10: **Caso Contrário**
 - 11: **Executar** processo mais curto da lista
 - 12: **Fim_enquanto**
 - 13: **Calcular** Tempo total dos processos
 - 14: **Exibir** os valores
 - 15: **Saia**
-

3.5 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os fundamentos teóricos necessários para o entendimento desse trabalho.

Foram apresentados o Problema de Designação, o Problema de Designação Generalizada e suas formulações matemática que dão a base para o modelo matemático de despacho proposto no presente trabalho.

Por fim, o Modelo Básico para Despacho de Táxis (MBDT) que neste trabalho é usado como forma de comparação com o modelo proposto na seção 4.1.1 e foi apresentado a ideia

do índice de envelhecimento usado no algoritmo de escalonamento *Shortest Job First* para homogeneização das atribuições de táxis aos passageiros.

PROPOSTA DO TRABALHO

Neste capítulo foram apresentados a proposta desse trabalho, que foi dividida em duas etapas de seu desenvolvimento.

Na etapa 1 foi apresentada a abordagem para o despacho dos táxis, esta abordagem é baseada no Modelo Básico para Despacho de Táxis (MBDT) e inclui melhorias na análise dos táxis, ou seja, são incluídas outras características além da distância do táxi até o passageiro para a realização do despacho de táxis (seção 4.1.1).

Na etapa 2 foi apresentado o modelo matemático, bem como os parâmetros definidos e a formulação matemática completa do problema de despacho de táxis (seção 4.1.2).

Por fim, foram apresentadas as considerações finais contendo um resumo do que foi discutido nessa proposta.

4.1 Proposta do Trabalho

O presente trabalho é uma abordagem de solução para o despacho de táxis usando um modelo matemático de programação linear. A abordagem agrega alguns parâmetros ao modelo matemático para realizar o despacho de táxis, assim o táxi que possuir maior de chance de atender à solicitação será atribuído ao passageiro. Vale destacar que a abordagem proposta é baseada no MBDT.

Os parâmetros usados foram a distância táxi/passageiro, o selo fidelidade, *go to home*, o índice de envelhecimento, nota do passageiro em relação ao táxi, as quantidades de recusas

e os cancelamentos nas solicitações de atendimento ao passageiro. Nesse caso, o táxi que possuir uma combinação adequada desses parâmetros tenderá a ser o selecionado para atendimento ao passageiro.

Logo, o objetivo neste método é encontrar os táxis que possuem a maior chance de atendimento levando em consideração o histórico, a proximidade com o passageiro e a disponibilidade para realizar a corrida.

4.1.1 Modelo de Despacho de Táxis

Destaca-se a Figura 3.3 Fluxograma Geral o Modelo Básico para Despacho de Táxis que representa o funcionamento de solicitação de táxi até o envio do mesmo com ênfase para o processo de Analisar Táxis que é uma das melhorias propostas deste trabalho para o Modelo de Despacho de Táxis.

Em **Analisar Táxis**: são levados em consideração para análise os parâmetros e então determina-se a atribuição de pesos para cada um deles.

- Nota de satisfação do passageiro em relação ao táxi;
- Quantidades de recusas e cancelamento do táxi em solicitações de atendimento;
- Distância entre táxi/passageiro (Caminho Mínimo);
- Selo de fidelidade do táxi;
- Go to home;
- Índice de envelhecimento. As etapas do fluxograma reforçam a proposta deste trabalho.

4.1.2 Modelo Matemático Proposto

O modelo matemático proposto baseia-se nos problemas das Seções 3.1 e 3.2. O Problema de Designação (seção 3.1) tem por objetivo maximizar a eficiência da pessoa na execução da tarefa, o que se assemelha, com o modelo proposto, que tem por objetivo maximizar a chance de atendimento do táxi (baseada nos parâmetros citados anteriormente) para atribuir ao passageiro.

Neste sentido, cada pessoa no modelo do PD está associada às tarefas, já no modelo proposto cada passageiro está associado aos táxis.

No mesmo contexto, o Problema de Designação Generalizada (seção 3.2) tem por objetivo maximizar a eficiência da pessoa na execução da tarefa, porém diferente do PD a quantidade de pessoas associadas as tarefas pode ser menor ou igual que a quantidade de tarefas, o que também se usa nesta proposta. Considera-se que a quantidade de passageiros é menor ou igual que a quantidade de táxis.

Na Figura 4.1 tem-se a representação de 3 passageiros e de 5 possíveis táxis para atribuição. Para auxiliar na escolha de qual táxi será despachado seguem os parâmetros que serão analisados no modelo proposto.

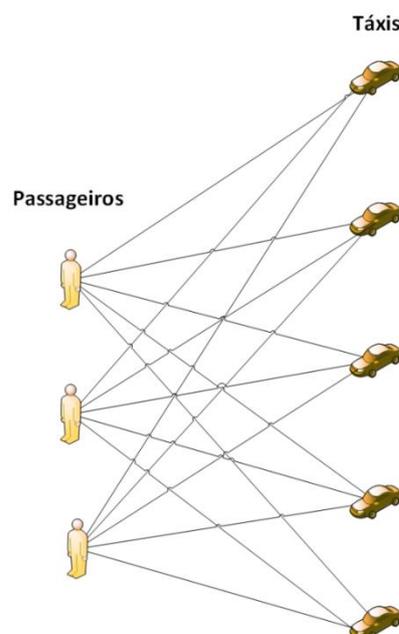


Figura 4.1 Representação dos possíveis táxis a atribuir aos passageiros

4.1.2.1 Selo Fidelidade

É um bônus definido pelo índice das corridas realizadas sobre a quantidade de corridas que foram ofertadas, quando a sua pontuação é calculada pelo modelo matemático, leva-se em consideração esta pontuação extra.

4.1.2.2 Go to Home

É um bônus atribuído ao taxista quando o mesmo está no final de seu expediente de trabalho e a solicitação tem o destino do passageiro próximo a localização de fim de expediente, por vezes o taxista ultrapassa o horário de final de expediente devido estar longe ou cancela as solicitações em razão de saber o destino do passageiro. Assim, o táxi que estiver nessa condição receberá essa pontuação extra.

4.1.2.3 Índice de Envelhecimento

É um bônus atribuído ao motorista para homogeneizar a distribuição das solicitações de atendimento. Sem o índice de envelhecimento o táxi que possuir baixa eficiência ou estiver iniciando serviços em táxis, raramente receberá solicitação de atendimento se for considerado somente o modelo matemático proposto. Logo, para os táxis que forem selecionados para análise (táxis disponíveis) e que não receberam solicitação de atendimento, será dada uma pontuação extra para este parâmetro gradualmente, assim em algum momento o valor atribuído será alto e influenciará no resultado final da pontuação do táxi. Após este táxi receber uma solicitação de atendimento este parâmetro será reiniciado.

4.1.2.4 Nota de satisfação

É uma nota atribuída pelo passageiro para avaliar o taxista pelo atendimento. A partir disso, o valor atribuído a este quesito é dado por intermédio da soma de todas as notas dividido pela quantidade de vezes em que o taxista realizou corridas.

4.1.2.5 Recusa

É um valor atribuído ao taxista na qual refere-se à quantidade de corridas recusadas. Esse valor é dado da seguinte forma: à relação entre a quantidade de corridas recusadas e a quantidade de participações (ocorridas ofertadas).

4.1.2.6 Cancelamento

É um valor atribuído ao taxista na qual refere-se à quantidade de corridas canceladas. Esse valor é dado da seguinte forma: à relação entre a quantidade de corridas canceladas e a quantidade de corridas aceitas.

Parâmetros:

- m : é a quantidade de passageiros
- n : é a quantidade de táxis
- s_j : nota de satisfação geral do táxi j
- r_j : índice de recusa do táxi j
- c_j : índice de cancelamento do táxi j
- d_{ij} : distância do passageiro i até o táxi j
- f_j : selo de fidelidade do táxi j
- g_j : *Go to Home* do táxi j
- v_j : índice de envelhecimento do táxi j

Os valores referentes a cada um dos parâmetros são normalizados (ver seção 5.4), pois como o modelo matemático possui uma função objetivo de maximização alguns parâmetros são considerados positivos quando seus valores são altos e outros são considerados negativos.

No caso os parâmetros distância táxi/passageiro, recusa e cancelamento quanto maior forem seus valores menor será o valor de normalização atribuído a cada um deles.

De forma inversa, os valores referentes a nota do táxi, índice de envelhecimento, *go to home* e selo fidelidade quanto maior forem seus valores maior serão os valores de normalização atribuídos a cada um.

Pesos:

- α : peso na nota de satisfação geral do táxi
- β : peso no índice de recusa do táxi
- γ : peso no índice de cancelamento do táxi
- δ : peso na distância do passageiro até o táxi
- λ : peso dado ao selo de fidelidade
- μ : peso dado ao *go to home*
- ε : peso dado ao índice de envelhecimento

Variáveis de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o passageiro } i \text{ deve ser atribuído ao táxi } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Segue o modelo matemático proposto a seguir:

$$\text{Maximizar } f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\alpha s_j + \beta r_j + \gamma c_j + \delta d_{ij} + \lambda f_j + \mu g_j + \varepsilon v_j) x_{ij} \quad (4.1.1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, m \quad (4.1.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (4.1.3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m \text{ e } j = 1, \dots, n \quad (4.1.4)$$

A função objetivo (4.1.1) visa a maximização da chance de atendimento do táxi para atribuir aos passageiros. Para isso têm-se pesos nos parâmetros que são considerados a

eficiência dos táxis. Já a restrição (4.1.2) garante que um passageiro será atribuído a um único táxi. Em (4.1.3) é garantido que um táxi será atribuído a no máximo um passageiro. Por fim, em (4.1.4) define-se o domínio das variáveis de decisões.

É importante ressaltar que o domínio binário das variáveis de decisão pode ser relaxado para $x_{ij} \geq 0$, sem que se altere a solução ótima.

4.2 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada a abordagem proposta para despacho de táxis bem como o destaque para o processo de Analisar Táxis do fluxograma geral de atribuição táxis/passageiros e definiu-se a formulação matemática do problema com a função objetivo, restrições e os parâmetros.

É importante destacar que a contribuição deste trabalho se dá na forma de análise dos táxis, ou seja, no modelo matemático proposto com a inclusão dos parâmetros: selo de fidelidade, *go to home*, o índice de envelhecimento, nota do passageiro em relação ao táxi, a quantidades de recusas e cancelamentos nas solicitações de atendimento ao passageiro.

IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

Foram expostos nesse capítulo os passos que foram necessários para a implementação da proposta deste trabalho. Primeiramente foram descritos o diagrama de caso de uso, explicando as etapas da implementação. Em seguida, foram descritas as ferramentas usadas e os cálculos para o entendimento deste trabalho, tais como: cálculo da distância, normalização dos valores usados no modelo matemático e a definição das camadas.

5.1 Projeto de Implementação

Para implementação da proposta foi desenvolvido um *software* que recebe dados a respeito de táxis e passageiros e decide qual o táxi será atribuído a determinado passageiro. Para o desenvolvimento desse *software* foram realizadas as etapas de modelagem, implementação e testes.

Para a etapa de modelagem foram adotados os modelos de casos de uso que podem ser vistos na Figura 5.1.

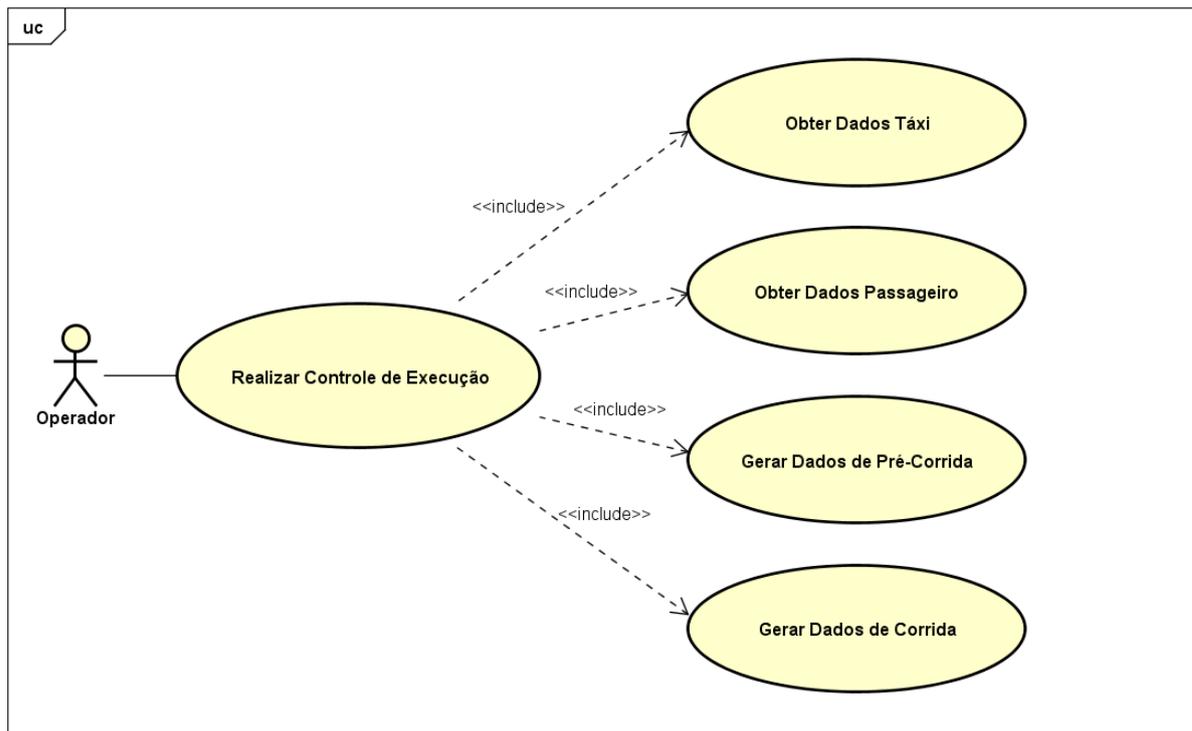


Figura 5.1 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Despacho de Táxis

Na Figura 5.1, tem-se o diagrama de casos de uso do Sistema de Despacho de Táxis que apresenta as ações necessárias para a atribuição de táxi/passageiro. Os objetivos de cada um dos casos de uso são descritos a seguir.

5.1.1 Caso de Uso Obter Dados Táxi

O caso de uso **Obter Dados Táxi** trata da obtenção dos dados referente aos táxis que participarão do processo. Esses dados são referentes a:

- ID dos táxis
 - Identificação única de cada táxi.
- Horário de fim dos serviços
 - Horário que cada um dos táxis termina o serviço
- Coordenadas dos táxis
 - Latitude e longitude atual de cada táxi no momento da solicitação.
- Quantidade de participações por táxis

- Quantidade de vezes em que cada táxi participa de solicitações de atendimento, ou seja, contabiliza a quantidade de vezes que corridas foram oferecidas a cada um dos táxis.
- Quantidade de corridas aceitas por táxis
 - Quantidade de vezes em que cada táxi aceita as solicitações de atendimento.
- Quantidade de corridas recusadas por táxis
 - Quantidade de vezes em que cada táxi recusa as solicitações de atendimento.
- Quantidade de corridas canceladas por táxis
 - Quantidade de vezes em que cada táxi cancela as solicitações que foram anteriormente aceitas.
- Quantidade de corridas realizadas por táxis
 - Quantidade de vezes em que cada táxi realizou uma corrida, ou seja, contabiliza a quantidade de vezes em que a corrida foi completada.
- Índice de corridas aceitas por táxis
 - Valor referente à relação entre a quantidade de corridas aceitas e a quantidade de participações (ocorridas ofertadas).
- Índice de corridas recusadas por táxis
 - Valor referente à relação entre a quantidade de corridas recusadas e a quantidade de participações.
- Índice de corridas canceladas por táxis
 - Valor referente à relação entre a quantidade de corridas canceladas e a quantidade de corridas aceitas.
- Índice de corridas realizadas por táxis
 - Valor referente à relação entre a quantidade de corridas realizadas e a quantidade de corridas aceitas.
- Índice de envelhecimento por táxis
 - Valor referente à quantidade de corridas que decorreram desde o último atendimento de solicitação realizado pelos táxis. Para cada táxi, quanto maior o número de corridas que decorreram desde o último atendimento, maior será o valor do índice de envelhecimento. Após uma corrida realizada, o índice de envelhecimento do táxi em questão é zerado (Capítulo 4 seção 4.1.2.3).

- Nota dos táxis
 - Nota atribuída por cada passageiro ao táxi quando efetuada a realização de uma corrida.
- Disponibilidade dos táxis
 - Refere-se à disponibilidade de atendimento de cada táxi no momento da solicitação.

Esses dados são necessários para a fase intitulada **Pré-Corrída** onde uma pontuação será calculada por intermédio da função objetivo do modelo matemático de despacho de táxi (Capítulo 4 – Proposta do Trabalho).

5.1.2 Caso de Uso Obter Dados do Passageiro

O caso de uso **Obter Dados do Passageiro** trata da obtenção dos dados referente ao passageiro que solicitou uma corrida. Esses dados são referentes a:

- ID do passageiro
 - Identificação única de cada passageiro.
- Coordenadas do passageiro
 - Latitude e longitude atual de cada passageiro no momento da solicitação
- Horário de solicitação
 - Horário que o passageiro realizou o pedido
- Táxi Atribuído
 - Táxi escolhido para ser atribuído ao passageiro. Esse campo é atualizado após a definição de qual táxi será enviado ao passageiro.

Esses dados são necessários para a fase Pré-Corrída onde haverá um cruzamento dos dados do passageiro e de cada um dos táxis gerando, com isso, novas informações como o cálculo da distância, a pontuação de cada táxi dentre outros dados.

5.1.3 Caso de Uso Gerar Dados de Pré-Corrída

O caso de uso **Gerar Dados de Pré-Corrída** trata da geração de dados a partir das informações obtidas dos táxis e do passageiro em questão. Esses dados são referentes a:

- Distância táxi/passageiro
 - Distância de cada táxi até o passageiro. Foram realizados 2 tipos de cálculo para a distância: distância euclidiana e distância real (seção 5.3 – Cálculo da Distância).
- Distância normalizada
 - Valor normalizado referente à distância do táxi até o passageiro.
- Recusa normalizada
 - Valor normalizado referente ao índice de recusa de cada táxi.
- Aceite normalizado
 - Valor normalizado referente ao índice de aceite de cada táxi.
- Cancelamento normalizado
 - Valor normalizado referente ao índice de cancelamento de cada táxi.
- Realização normalizada
 - Valor normalizado referente ao índice de corridas realizadas por cada táxi.
- Nota do táxi normalizado
 - Valor normalizado referente à nota de cada táxi atribuída pelo passageiro.
- Envelhecimento Normalizado
 - Valor normalizado referente ao índice de envelhecimento atribuído ao táxi. Esse valor é definido de acordo o índice de envelhecimento definido no caso de uso **Obter Dados Táxi**.
- Selo Fidelidade
 - Valor referente ao selo fidelidade. Esse valor é atribuído de acordo com o valor normalizado das corridas realizadas (Capitulo 4 seção 4.1.2.1).
- *Go to Home*
 - Valor referente ao *Go to Home*. Esse valor é normalizado
- Pontuação do táxi

- Valor referente à pontuação de cada táxi. Esta pontuação é obtida por intermédio da função objetivo do modelo matemático que recebe dados dos táxis e retorna à pontuação de cada um deles.

Os valores de distância normalizada, recusa normalizada, cancelamento normalizado, nota do táxi normalizado, envelhecimento normalizado, selo fidelidade e *go to home* são usados no modelo matemático para o cálculo da pontuação referente a cada um dos táxis participantes do processo de seleção (seção 5.4 - Normalização dos Valores do Modelo Matemático). Com isso, gera-se uma classificação que será usado para estabelecer a ordem de oferecimentos de corridas de acordo com critérios que foram discutidos (seção 5.5). Esse *ranking* será usado na fase intitulada **Corrida** que será descrita no caso de uso da seção a seguir.

5.1.4 Caso de Uso Gerar Dados de Corrida

O caso de uso **Gerar Dados de Corrida** trata da geração dos dados necessários para seleção do táxi a ser despachado ao passageiro. Esses dados são referentes a:

- Camada
 - Refere-se à camada em que cada táxi será atribuído. De acordo com o *ranking* gerado na fase de **Pré-Corrida** os táxis são dispostos em camadas onde foram realizadas as ofertas.
- Corrida ofertada
 - Registra se, para cada táxi, a corrida ofertada.
- Corrida aceita
 - Registra se, para cada táxi, a corrida aceita.
- Horário de oferta
 - Registra o momento em que a corrida foi ofertada para cada táxi.
- Horário de aceite
 - Registra o momento em que um dos táxis aceitou a corrida
- Camada máxima
 - Registra o número da camada em que ocorreu a última oferta.
- Táxi selecionado
 - Registra o táxi que foi selecionado para atendimento.

Nessa etapa as ofertas são realizadas e um dos táxis, caso ocorra o aceite, é selecionado para atendimento a um passageiro. Os táxis que fizeram parte do processo e não tiveram oferta de corrida recebem um valor referente ao índice de envelhecimento. Esse valor será usado como parte do cálculo para obtenção do *ranking* na próxima corrida em que cada um deles participarem. E são atualizados, caso necessário, os dados referentes à quantidade de participações por táxis, de corridas aceitas por táxis, de corridas recusadas por táxis, de corridas canceladas por táxis e de corridas realizadas por táxis.

5.2 Ferramentas

Para realização do projeto de *software* de despacho de táxis foram usadas as seguintes ferramentas:

- **PyCharm**
 - *Pycharm Community Edition 2017.2.3* ambiente de desenvolvimento para implementação do *software*;
 - Versão 3.6.2 do interpretador;
 - Linguagem de programação Python;
- **Gusek**
 - *GUSEK (GLPK Under Scite Extended Kit) 0.2* de 2010, ambiente utilizado para implementação do modelo matemático proposto;
 - Linguagem de programação *MathProg*;
 - Usou-se o *Kit de Programação Linear GNU (GLPK)* na versão 4.6.3 resolvidor do modelo de programação linear (método simplex).
- **Astah**
 - *Software* usado para auxiliar a modelagem do sistema em UML (Linguagem de Modelagem Unificada);
 - A versão *Astah Community 2017 7.2.0/1ff236 Model Version: 37 (64 bits)*.

5.3 Cálculo da Distância

No presente projeto, como forma de comparação, realizou-se o cálculo da distância de duas formas. A primeira forma foi por Distância Euclidiana e a segunda pelo cálculo do Caminho Real. A seguir cada uma das formas de cálculo de distância são descritas.

5.3.1 Distância Euclidiana

A distância euclidiana é realizada por intermédio da formula abaixo.

$$Dist_{Euclid} = \sqrt{(Lat_{táxi} - Lat_{passageiro})^2 + (Long_{táxi} - Long_{passageiro})^2} \quad (5.5.1)$$

No projeto, duas situações foram abordadas. No primeiro caso calculou-se a distância euclidiana com coordenadas cartesianas. No segundo, usou-se valores de Latitude e Longitude reais. Esse processo foi importante para o desenvolvimento do *software* pois, a ideia foi a de, inicialmente, simplificar o desenvolvimento do projeto e, nas etapas seguintes, aperfeiçoá-lo com a substituição das coordenadas cartesianas por valores de Latitude e Longitude.

Neste trabalho para calcular a distância euclidiana entre dois pontos foi usada, adotando a abordagem chamada de Distância do Grande Círculo (*Great-Circle Distance*) e o módulo *geopy* foi usado para realizar o cálculo. O método pode retornar a distância em milhas, metros ou quilômetros.

5.3.2 Caminho Real

Para o cálculo da distância real entre dois pontos usou-se o módulo *route* do *Python* e bibliotecas do projeto de mapeamento colaborativo chamado *OpenStreetMap* Figura 5.2 - Página do *OpenStreetMap* com a cidade de São Paulo – SP – Brasil ao centro.

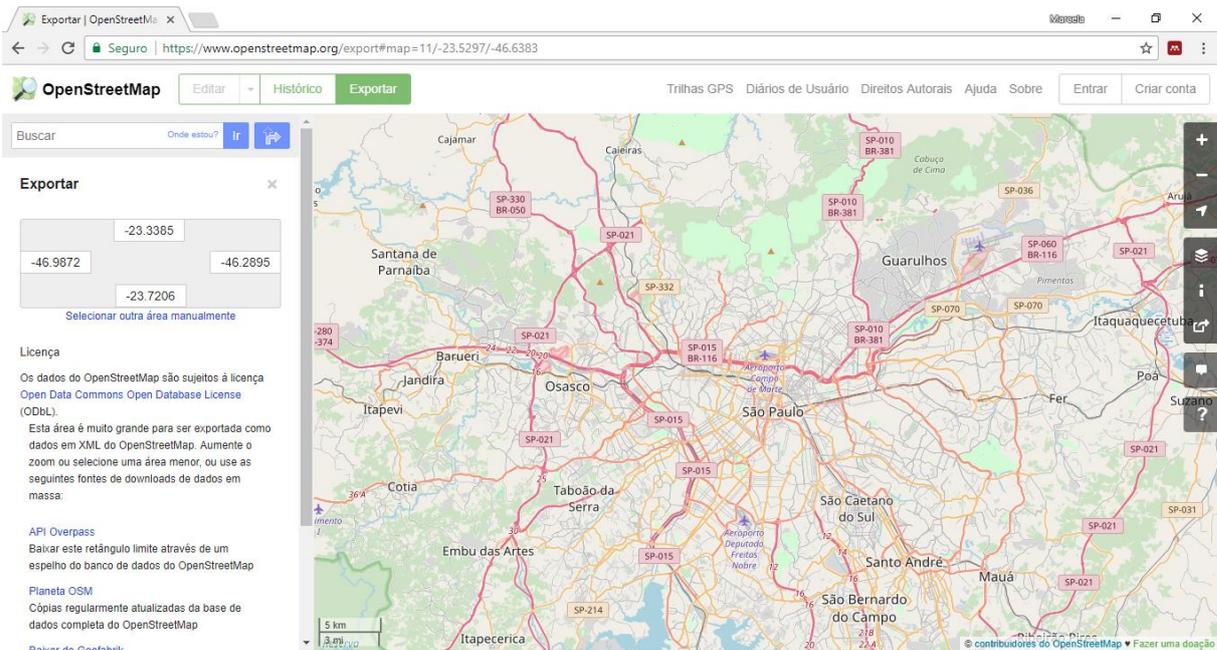


Figura 5.2 - Página do *OpenStreetMap* com a cidade de São Paulo – SP – Brasil ao centro

Por intermédio do *OpenStreetMap* é possível realizar o *download* de um mapa de uma região qualquer da Terra. Esse mapa é baixado em um arquivo de extensão *osm* que representa um grafo com as possíveis rotas existentes considerando o sentido das ruas e avenidas. Para realização do cálculo do caminho real é necessário que esse mapa seja obtido, entretanto, o módulo *route* já possui uma função que, de acordo com as coordenadas geográficas que se quer calcular, obtém-se o caminho mínimo entre os nós desse grafo.

Nessa etapa define-se primeiramente qual o tipo de veículo que será usado para determinar a distância entre dois pontos. No caso, o veículo usado foi o de carro de passeio. Em seguida, dois pontos geográficos são usados sendo um deles a posição atual do táxi e o outro a posição atual do passageiro para obter a distância real com menor custo.

A Figura 5.3 representa o modo como as distâncias são calculadas no grafo para obtenção do caminho real.

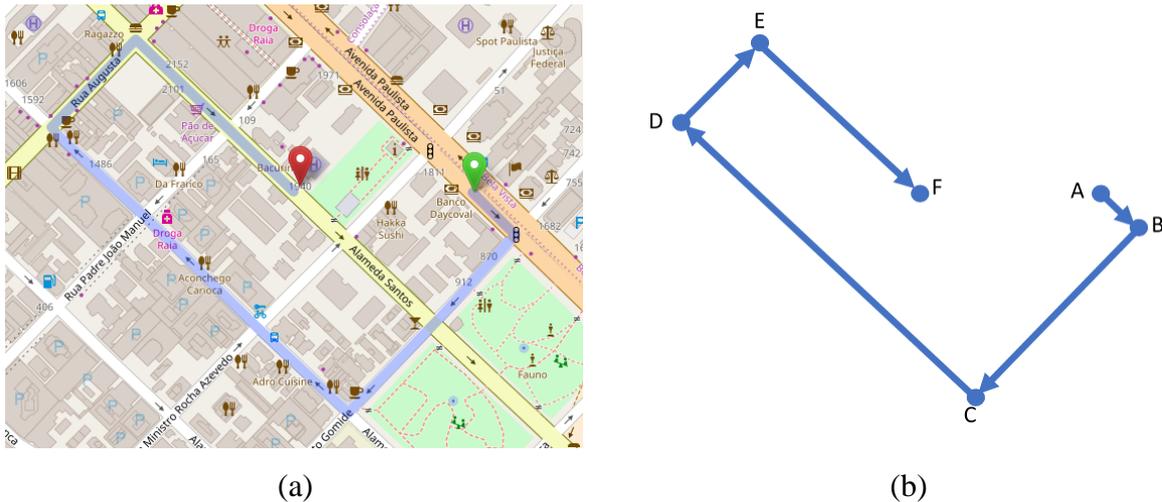


Figura 5.3 - OSM com destaque para o caminho entre dois pontos

Na Figura 5.3 (a) tem-se um recorte do mapa da cidade de São Paulo – Brasil com dois pontos ligados representando o caminho de um ponto ao outro. Na Figura 5.3 (b) tem-se um grafo direcionado mostrando a ligação do ponto A ao ponto F passando pelos B, C, D, E e F. Nesse caso a soma dos vértices AB, BC, CD e EF resulta na distância real de A até F. Dessa mesma forma o módulo *route* do *OpenStreetMap* calcula a distância real entre dois pontos geográficos. A distância euclidiana nesse caso, pode ser representada pela distância direta entre A e F.

Para um modelo de despacho de táxis a distância real representa melhor a distância entre um táxi e um passageiro do que a distância euclidiana, pois leva em consideração a distância real que o táxi pode realizar para definição do táxi a ser despachado.

5.4 Normalização dos Valores do Modelo Matemático

Foi necessário normalizar os valores para serem usados no modelo matemático proposto para que todos estes estejam na mesma escala. Isso deve ao fato de que, caso os valores estejam em escalas diferentes ocorre um peso implícito ao valor de maior dimensionalidade.

Um exemplo seria o caso onde o modelo recebe valores de distância e nota do táxi. Considerando que o peso da distância e da nota sejam definidos com o mesmo valor (peso 5 para cada por exemplo), caso a distância possua um valor de 10.000 metros e a nota um valor

que varia de 0 a 10, ter-se-ia uma desproporção no momento do cálculo e o valor da nota ficaria insignificante quando comparado com o valor da distância. Esse fato acarretaria uma saída da função que leva em consideração o valor, quase que inteiramente, da distância provocando um desequilíbrio no modelo.

Portanto, na implementação do *software* foram realizadas as normalizações dos valores referentes aos dados de distância táxi/passageiro, recusa, cancelamento, nota do táxi, índice de envelhecimento e selo fidelidade.

No caso dos dados de nota do táxi, índice de envelhecimento, *go to home* e selo fidelidade quanto maior forem seus valores maior serão os valores de normalização atribuído a cada um dos campos. Abaixo, tem-se a equação usada para definição dos valores normalizados.

$$valor_{normalizado} = \frac{valor - menor_valor}{maior_valor - menor_valor} \quad (5.4.1)$$

De forma inversa, nos dados de distância táxi/passageiro, recusa e cancelamento quanto maior forem seus valores menor será o valor de normalização atribuído a cada um desse campos. Abaixo, tem-se a equação usada para definição dos valores normalizados.

$$1 - valor_{normalizado} \quad (5.4.2)$$

Tanto para a equação (5.4.1) quanto para a equação (5.4.2) as variáveis *valor* recebem o valor que se quer normalizar. As variáveis *menor_valor* e *maior_valor* recebem, respectivamente, o menor e o maior valor dos conjuntos de dados a serem normalizados.

Para a implementação proposta, todos os valores foram normalizados numa escala que varia de 0 a 1.

5.5 Camadas Virtuais

A definição das camadas virtuais foi baseada nos dados obtidos da empresa parceira. Nestes dados estima-se o tamanho total do raio pela soma de todas as camadas que no caso é dado em metros. Assim, a ideia das camadas neste trabalho está relacionada ao envio de

solicitação aos táxis de acordo com sua pontuação. Logo as camadas neste caso são camadas virtuais e não camadas físicas.

Nesse sentido são definidos o tamanho do raio (dividido em camadas), os tempos em cada camada e o intervalo entre as camadas.

O intervalo I de cada camada é obtido pela equação:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{c}$$

Onde:

- m_1 : é a maior pontuação obtida considerando todos os táxis
- m_2 : é a menor pontuação obtida considerando todos os táxis
- c : é a quantidade de camadas definidas

Desse modo, os táxis são atribuídos às camadas de acordo com suas respectivas pontuações.

Um exemplo desse processo pode ser visto a seguir.

Considere que numa corrida com 7 táxis, foram definidos pelo especialista um total de 5 camadas:

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

Considere que as pontuações obtidas pelos táxis foram:

- Táxi_01: 5,50
- Táxi_02: 7,33
- Táxi_03: 4,75
- Táxi_04: 4,69
- Táxi_05: 6,43
- Táxi_06: 3,90
- Táxi_07: 1,91

Neste caso o Táxi_07 possui a menor pontuação e o maior valor de pontuação obtido foi o Táxi_02:

Assim, o intervalo I das camadas é:

$$I = \frac{7,33 - 1,92}{5} = 1,08$$

O intervalo entre cada camada será de 1,08 unidades de pontuação. A distribuição dos táxis em suas respectivas camadas pode ser vista na Figura 5.4 e a configuração das camadas na Tabela 5-1 com os respectivos tempos de resposta.

Na Figura 5.4 os táxis mais ao centro possuem maior valor de pontuação e, em contrapartida, os táxis localizados nas extremidades possuem menor valor de pontuação.

Tabela 5-1 - Configuração das camadas

Camada	Tempo de Resposta
0	15 segundos
1	13 segundos
2	10 segundos
3	7 segundos
4	5 segundos

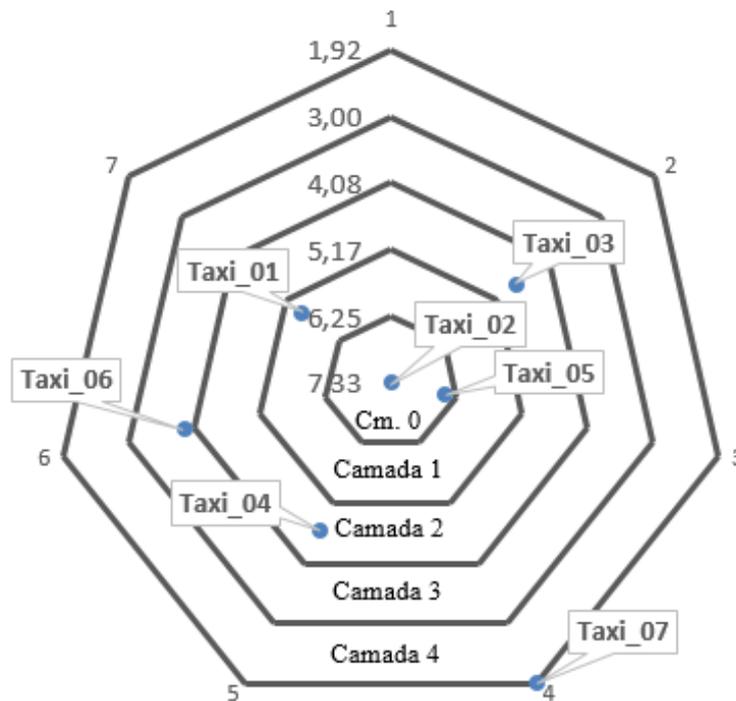


Figura 5.4 - Exemplo de táxis dispostos em camadas

A partir desse ponto, a corrida é oferecida aos táxis camada após camada. Para a camada 0 o tempo de espera por uma resposta foi estabelecido em 15 segundos. Para a

camada 1, 13 segundos. Para a camada 2, 10 segundos. Para a camada 3, 7 segundos e para camada 4, 5 segundos. Essa configuração é baseada nos dados usados nos testes apresentados no Capítulo 6.

Para a primeira camada a corrida é oferecida e durante 15 segundos os táxis ali localizados podem aceitar a oferta. Após esse tempo, a corrida é oferecida para os táxis da próxima camada. Caso, nenhum táxi aceite a oferta, a corrida é oferecida para a camada seguinte. Esse processo se repete até a última camada ou até que algum táxi aceite a oferta.

Vale ressaltar que, mesmo que o processo de oferta esteja acontecendo em uma camada mais externa, os táxis das camadas mais internas ainda podem responder com o aceite da solicitação e, caso isso aconteça, o táxi que aceitou a corrida é atribuído ao passageiro.

5.6 Simulação do Aceite dos Táxis

É definido um valor para a probabilidade de aceite. Pode-se perceber nos dados usados para os testes que a maioria dos táxis que aceitam uma solicitação de atendimento são os mais próximos aos passageiros, portanto, a probabilidade de um táxi mais próximo ao passageiro aceitar é maior.

5.7 Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentadas as características do *software* proposto, a forma usada para normalização dos valores usados no modelo matemático e como foram elaborados os algoritmos para cálculo da distância, a configuração das camadas e a simulação do aceite dos táxis.

Além disso, foram apresentadas as ferramentas usadas para a elaboração do projeto com a descrição de cada uma delas, além dos diagramas de caso de uso e de classes. A seguir, foram apresentados os testes desenvolvidos e os resultados obtidos.

CAPÍTULO 6

TESTES

Neste capítulo foram apresentados os testes realizados para avaliação do Modelo de Despacho de Táxis proposto.

Primeiramente, foram descritos o planejamento realizado para os testes, bem como os recursos usados na execução do projeto e a base de dados.

Por fim, as análises referentes aos testes no que diz respeito à influência dos parâmetros usados para o Modelo de Despacho de táxis e seus respectivos pesos.

6.1 Planejamento

A finalidade do planejamento foi para destacar todas as informações necessárias à execução dos testes para análise do Modelo de Despacho de Táxis.

Nessa etapa, destacam-se o procedimento a ser aplicado para os testes quanto às bases de dados usadas, o cruzamento dessas informações e a configuração dos parâmetros quanto aos pesos dados a cada um deles.

A seguir, foram destacadas as seções que formam o plano de testes do referido projeto.

6.1.1 Recursos

O Sistema de Despacho de Táxis foi testado no computador com processador *Intel Core i7 – 7700 CPU @ 3.60GHz*, com 8GB de memória RAM e com sistema operacional *Microsoft Windows 10* de 64 bits.

6.1.2 Dados

A base de dados foi disponibilizada pela empresa *Easy Taxi* parceira a este trabalho. O período dos dados foi de fevereiro de 2017 à 15 de agosto de 2017 (total de 6 meses), na cidade de São Paulo - SP- Brasil. A base de dados é formada por corridas realizadas e corridas canceladas. O número de participações, quantidade de recusas, quantidade de aceites, quantidade de corridas realizadas e quantidade de corridas canceladas foram contabilizadas para os táxis que seriam usados nos testes. Esses dados foram necessários para a realização dos cálculos das pontuações dos táxis. Essas pontuações foram usadas para definir a disposição dos táxis nas camadas e, desse modo, realizar as ofertas de corridas.

6.1.3 Configurações dos Pesos

A configuração dos pesos para o modelo matemático de despacho de táxis determina a influência de cada parâmetro (distância, quantidades de recusa, quantidades de cancelamentos, nota do táxi, selo fidelidade, *go to home* e o índice de envelhecimento) no resultado final da pontuação dos táxis. Assim, os pesos associados a estes parâmetros têm influência na escolha do táxi a ser atribuído ao passageiro.

6.2 Testes Realizados

Nesta seção foram apresentados os testes realizados e as análises feitas a partir dos resultados. Foi realizado teste com o modelo matemático e depois cenários com a combinação de parâmetros e pesos para mostrar a influência de cada um no modelo de despacho táxis. Essas amostras contêm informações relacionadas aos táxis envolvidos na atribuição da corrida. As informações são referentes às quantidades de participações em oferta de corridas, quantidades de recusas, quantidades de aceites, quantidades de cancelamentos, quantidades de corridas realizadas, coordenadas geográficas dos táxis e do passageiro, horário de solicitação da corrida e o horário estimado de término do serviço de cada táxi (baseado nas corridas realizadas no dia).

6.2.1 Modelo Matemático

Na Tabela 6-1 tem-se os testes realizados com 100 solicitações de corridas. Foi calculado a média das distâncias somente dos táxis que foram considerados os melhores no modelo matemático. Vale destacar que o valor da distância é normalizado e quanto maior o valor maior o resultado da função objetivo, ou seja, a média de 0,8256 dos táxis selecionados foram as melhores, porém o valor da função objetivo para esse teste foi de 33.964 o menor resultado, o que fica evidente é que apesar da distância possuir o maior valor, quando considera-se todos os parâmetros a chance de atendimento não é o maior valor em comparação com o valor 50.654 e 0,643 de média das distâncias. Logo a configuração dos parâmetros com os respectivos pesos possui grande influência no resultado final.

Tabela 6-1 - Teste com o Modelo Matemático

Média das distâncias (Táxis Escolhidos)	Chance de Atendimento (Função objetivo)
0,8256	33.964
0,801	30.571
0,643	50.654

6.2.2 Cenário 1

Nesse cenário, o passageiro realizou uma solicitação de corrida às 17 horas, 03 minutos e 48 segundos do dia 25 de maio de 2017 na cidade de São Paulo – SP – Brasil. É apresentado na Tabela 6-2 os dados usados na execução dos testes do cenário 1.

Tabela 6-2 - Dados para os Testes do Cenário 1

Táxis	Participações	Recusas	Aceites	Cancelamentos	Realizações
Táxi_01	50	41	9	2	7
Táxi_02	116	113	3	1	2
Táxi_03	89	88	1	0	1
Táxi_04	8	6	2	0	2
Táxi_05	35	28	7	2	5
Táxi_06	49	36	14	3	11
Táxi_07	21	17	5	1	4
Táxi_08	15	11	4	1	3
Táxi_09	10	6	4	0	4
Táxi_10	15	6	9	3	6

Na Figura 6.1 é possível visualizar as posições dos táxis e do passageiro no momento de uma solicitação de corrida. Tem-se os 10 táxis (losangos) e 1 passageiro (quadrado) dispostos geograficamente como demonstrado na Figura 6.1.

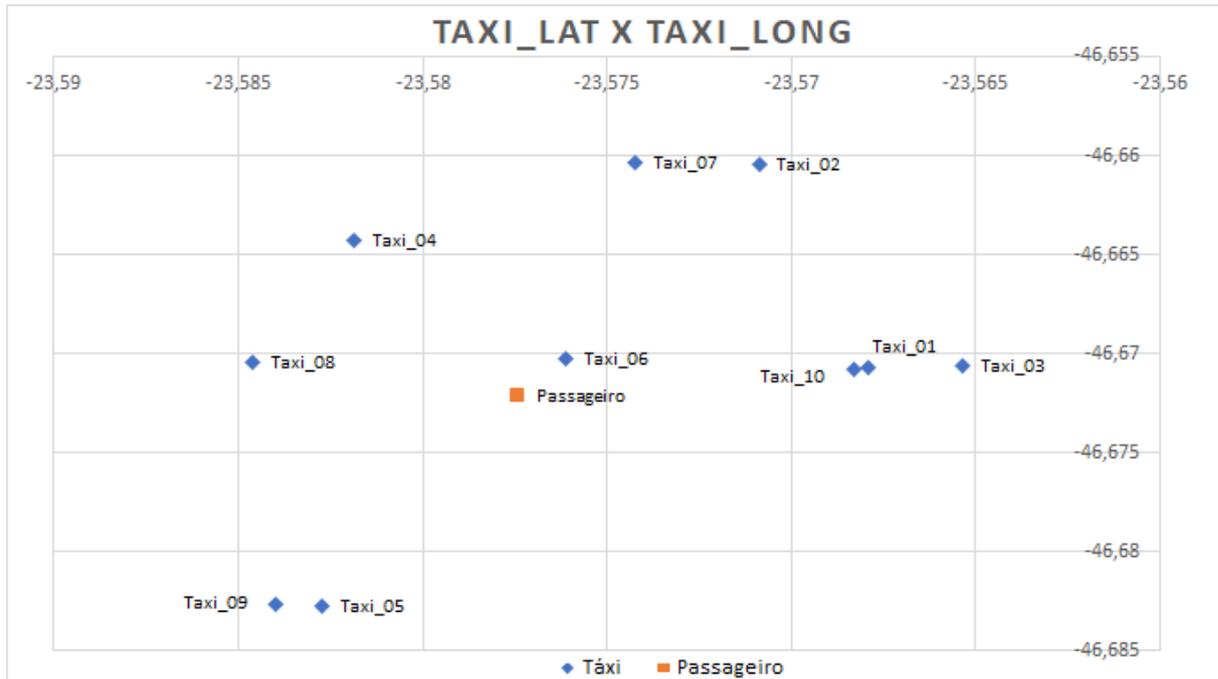


Figura 6.1 - Posição Latitude x Longitude do Táxi/Passageiro para o Cenário 1

Os testes foram realizados em dois cenários diferentes e foram definidos os pesos dos parâmetros do modelo matemático. Os demais testes encontram-se no apêndice desse trabalho (Capítulo 9).

Para o Teste 01, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 6-3 :

Tabela 6-3 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Cenário 1 Teste 01

Parâmetros	Pesos
Distância	4
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Esses valores foram usados no modelo juntamente com os parâmetros para a obtenção da pontuação de cada um dos táxis. Essa pontuação foi usada para a configuração das camadas e importante durante o processo de oferta da corrida. Percebe-se que a distância teve um peso maior em relação aos outros parâmetros o que pode levar à atribuição de um táxi que esteja mais próximo do passageiro do que os outros táxis participantes do processo de despacho.

Por intermédio do modelo matemático obtém-se as pontuações de cada táxi. Para o Teste 01 as pontuações dos táxis podem ser observadas na Tabela 6-4.

Tabela 6-4 - Pontuações dos Táxis – Cenário 1 Teste 01

Táxis	Pontuações
Taxi_01	3,114
Taxi_02	1,275
Taxi_03	4,000
Taxi_04	6,848
Taxi_05	3,844
Taxi_06	5,533
Taxi_07	4,351
Taxi_08	3,085
Taxi_09	6,160
Taxi_10	2,934

Na Tabela 6-4 é possível verificar que o Táxi_02 possui a menor pontuação atribuída pelo modelo matemático sendo esta igual a 1,275. Na mesma tabela também é possível verificar que o Táxi_04 possui a maior pontuação atribuída pelo modelo matemático sendo está igual a 6,848.

A partir daí os táxis foram atribuídos às suas respectivas camadas e inicia-se o processo de oferta de corridas que prosseguiram até a camada 4. As 5 camadas e a disposição dos táxis podem ser vistas na Figura 6.2.

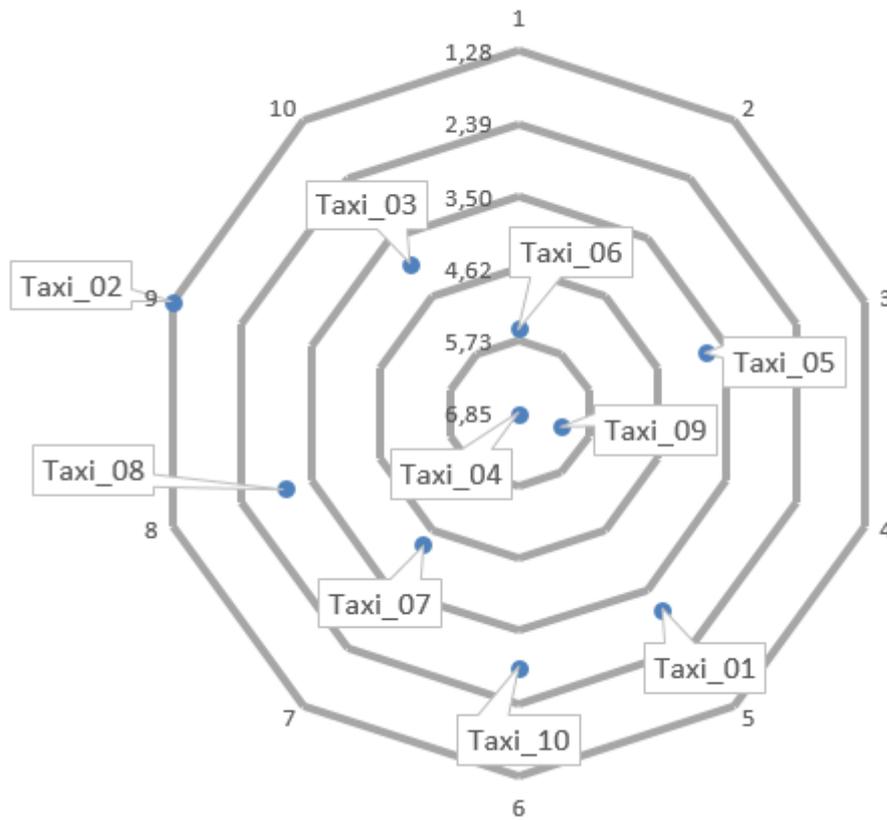


Figura 6.2 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Cenário 1 Teste 01

O Táxi que aceitou foi o Táxi_09 que está na camada 0 e possuía pontuação 6,160. É importante destacar que, o algoritmo desenvolvido para o aceite do taxista prioriza os táxis das primeiras camadas.

Na Tabela 6-5 tem-se os dados de oferta e aceite da corrida em questão. Nesse caso, percebe-se que as ofertas prosseguiram até a última camada, no entanto, o táxi que aceitou pertence à camada 0. Isso é possível pois, mesmo após a oferta ser realizada nas camadas seguintes, o táxi pertencente às primeiras camadas não é excluído do processo de oferta. O que ocorre é que, quando a corrida é oferecida para outras camadas, o número de táxis que podem aceita-la aumenta, o que torna a concorrência pela corrida cada vez maior.

Tabela 6-5 - Dados de oferta e aceite da corrida testada – Cenário 1 Teste 01

Táxis	Camada	Oferta	Aceite	Horário de Oferta	Horário de Aceite	Camada Máxima Ofertada
Taxi_04	0	True	False	17h: 03min: 48seg	.	4
Taxi_09	0	True	True	17h: 03min: 48seg	17h: 4min: 34seg	4
Taxi_06	1	True	False	17h: 04min: 03seg	.	4
Taxi_05	2	True	False	17h: 04min: 16seg	.	4

Taxi_07	2	True	False	17h: 04min: 16seg	.	4
Taxi_03	2	True	False	17h: 04min: 16seg	.	4
Taxi_01	3	True	False	17h: 04min: 26seg	.	4
Taxi_10	3	True	False	17h: 04min: 26seg	.	4
Taxi_08	3	True	False	17h: 04min: 26seg	.	4
Taxi_02	4	True	False	17h: 04min: 33seg	.	4

Em relação à distância calculou-se tanto a distância real, via OpenStreetMap, como a distância euclidiana. A comparação entre os 2 resultados pode ser vista na Tabela 6-6.

Na Tabela 6-6 percebe-se que, o Táxi_08, foi classificado na 2ª posição em relação aos demais analisando à distância euclidiana. Esse fato leva esse táxi a uma grande possibilidade de escolha pelo sistema de despacho em situações onde a distância tem um alto peso no processo. Quando o cálculo é feito via OpenStreetMap e obtém-se a distância real, o mesmo táxi é classificado na 8ª posição. Esse fato demonstra a importância da realização do cálculo de distância real, pois o mesmo representa com mais precisão a distância que se quer mensurar evitando assim que a escolha seja feita por um valor que não demonstra a real situação do táxi em relação a passageiro.

Tabela 6-6 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 1 Teste 01

Táxis	Posição Distância Real	Distância Real	Posição Distância Euclidiana	Distância Euclidiana
Taxi_06	1ª	0,643	1ª	0,242
Taxi_04	2ª	1,351	3ª	0,945
Taxi_05	3ª	1,551	6ª	1,232
Taxi_09	4ª	1,677	8ª	1,296
Taxi_01	5ª	1,8	5ª	1,069
Taxi_10	6ª	1,817	4ª	1,023
Taxi_07	7ª	2,003	7ª	1,253
Taxi_08	8ª	2,039	2ª	0,819
Taxi_02	9ª	2,449	10ª	1,4
Taxi_03	10ª	2,641	9ª	1,354

Na Figura 6.3 tem-se uma comparação entre as distâncias real e euclidiana por intermédio de um gráfico de histograma. Nele é possível perceber a diferença entre os valores calculados dos diferentes tipos de distâncias.

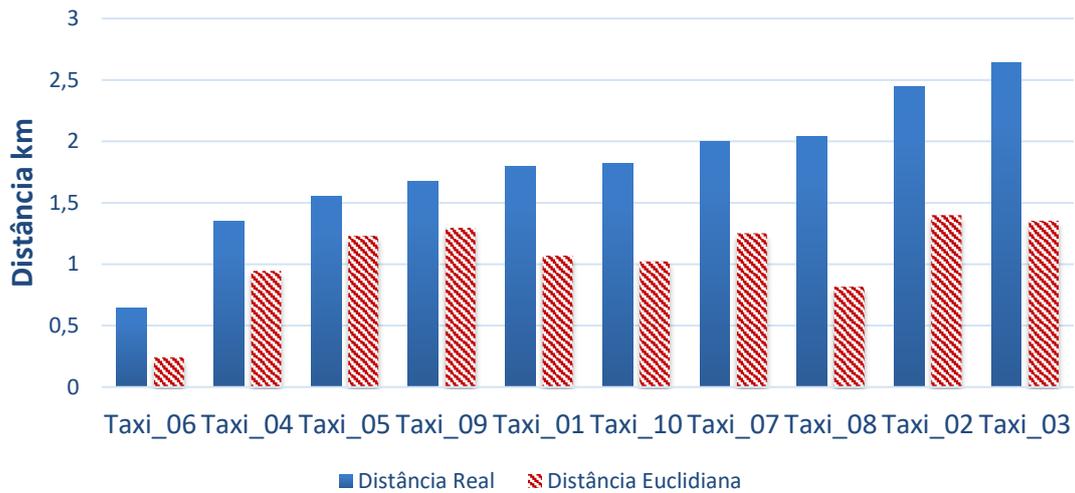


Figura 6.3 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 1 Teste 01

6.2.3 Cenário 2

Neste cenário, o passageiro realizou uma solicitação de corrida às 09 horas, 39 minutos e 58 segundos do dia 07 de fevereiro de 2017 na cidade de São Paulo – SP – Brasil. Os dados usados no cenário 2 podem ser vistos na Tabela 6-7.

Tabela 6-7 - Dados do Cenário 2

Táxis	Participações	Recusas	Aceites	Cancelamentos	Realizações
Táxi_01	153	152	1	0	1
Táxi_02	220	196	24	4	20
Táxi_03	136	133	3	1	2
Táxi_04	132	127	5	1	4
Táxi_05	35	27	8	2	6
Táxi_06	76	62	14	4	10
Táxi_07	123	115	9	6	3

Esse segundo cenário contém 7 táxis dispostos de acordo com a Figura 6.4 e é possível visualizar as posições dos táxis e do passageiro no momento de uma solicitação de corrida. Para o teste, foram adotados os seguintes pesos da Tabela 6-8.

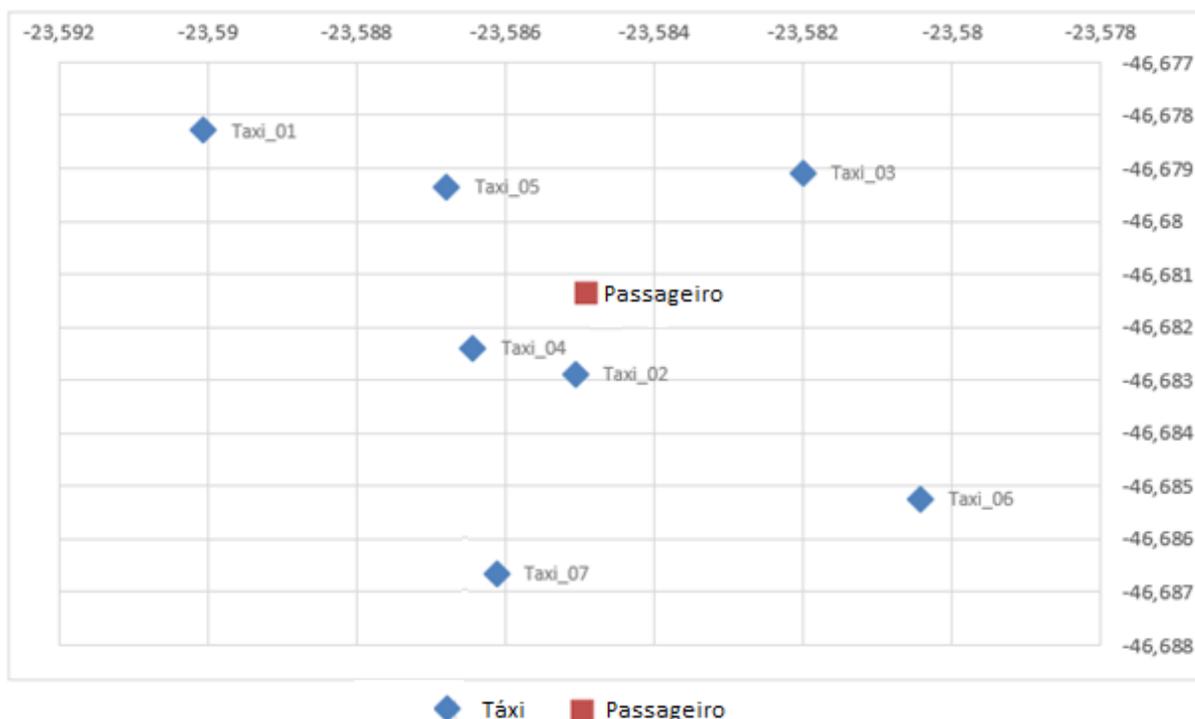


Figura 6.4 - Posição Latitude x Longitude do Táxi/Passageiro Cenário 2

Tabela 6-8 - Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Cenário 2 Teste 01

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Por intermédio da função objetivo do modelo matemático obtém-se as pontuações de cada táxi. Para o referido teste as pontuações dos táxis podem ser observadas na Tabela 6-9.

Na Tabela 6-9 é possível verificar que o Táxi_07 possui a menor pontuação atribuída sendo esta igual a 1,915. Na mesma tabela também é possível verificar que o Táxi_02 possui a maior pontuação atribuída sendo esta igual a 7,334.

Tabela 6-9 - Pontuações dos Táxis Cenário 2 Teste 1

Táxis	Pontuações
Taxi_01	5,500
Taxi_02	7,334
Taxi_03	4,753
Taxi_04	4,692
Taxi_05	6,436
Taxi_06	3,909
Taxi_07	1,915

Esses valores foram usados nas configurações das camadas usadas para realização das ofertas dos táxis. Desse modo os táxis estão dispostos nas camadas do modo como pode ser visto na Figura 6.5 e a partir desta configuração as ofertas foram realizadas até a camada 0, onde o Táxi_02 aceitou a corrida.

Neste teste, os critérios de maior peso foram a Distância e o Selo Fidelidade. Pode-se observar na Figura 6.6 que o Táxi_02 esteve bem posicionado tendo a menor distância real e o segundo maior índice de corridas realizadas representado pelo Selo Fidelidade. Esses fatores contribuíram para o táxi estar posicionado na primeira camada propiciando o aceite tão logo a oferta foi realizada.

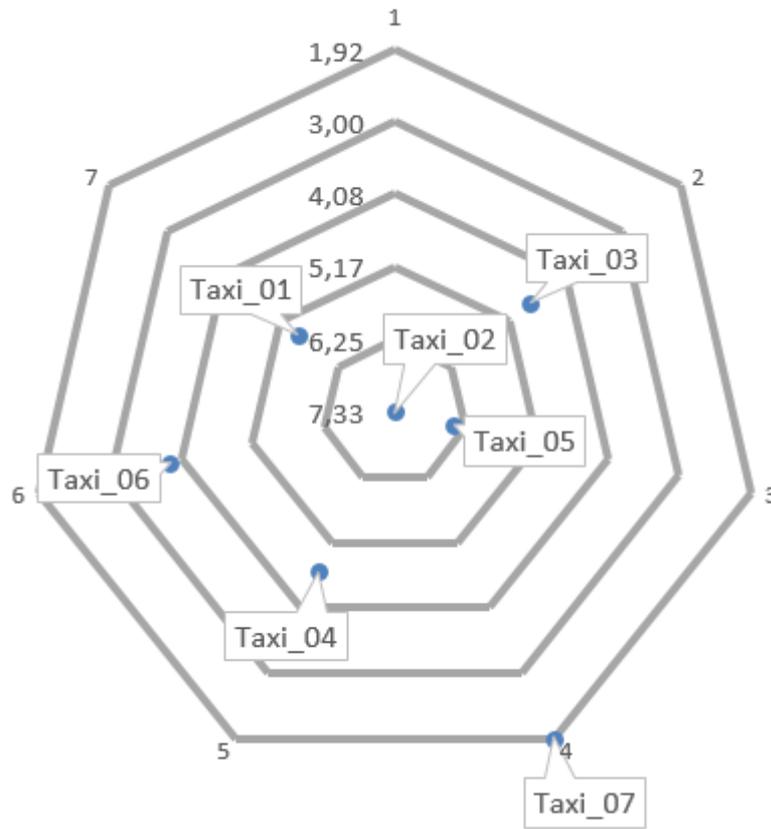


Figura 6.5 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações Cenário 2

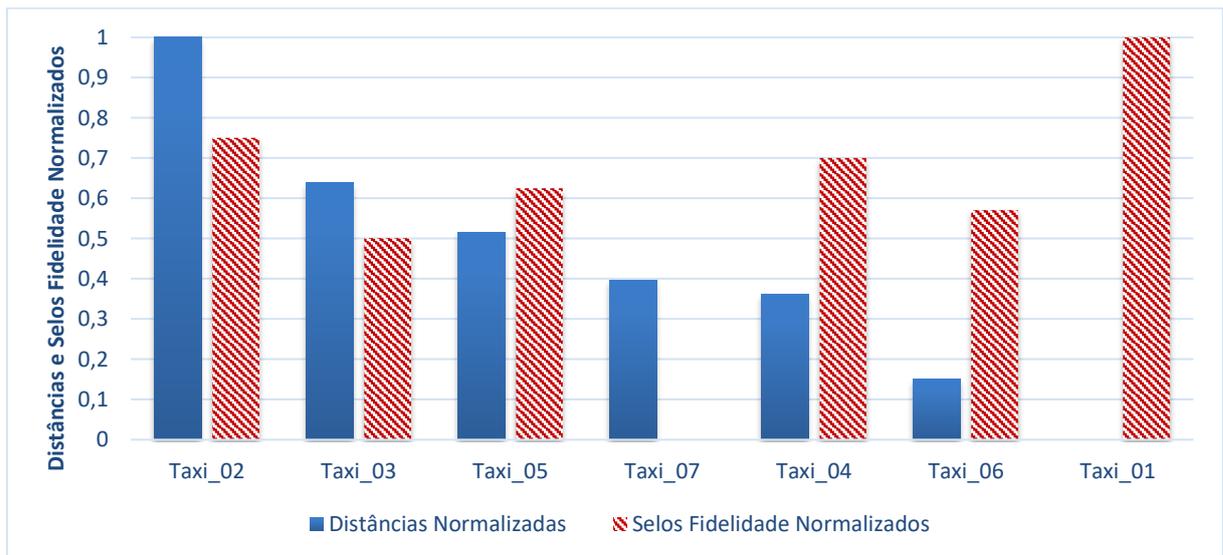


Figura 6.6 - Gráfico referente à Distância e os Selos Fidelidade Normalizados (Cenário 2)

Na Figura 6.7 tem-se uma comparação entre as distâncias real e euclidiana por intermédio de um gráfico de histograma. Nela é possível perceber a diferença entre os valores calculados dos diferentes tipos de distâncias. Percebe-se que o Táxi_04 possui a segunda menor distância quando calculada pelo método euclidiano, porém quando o cálculo é realizado pelo método de distância real usando o *OpenStreetMap* é a quinta menor distância. Portanto, nota-se que, a depender do método usado obtém-se resultados diferentes das pontuações dos táxis o que interfere na classificação dos táxis para a oferta.

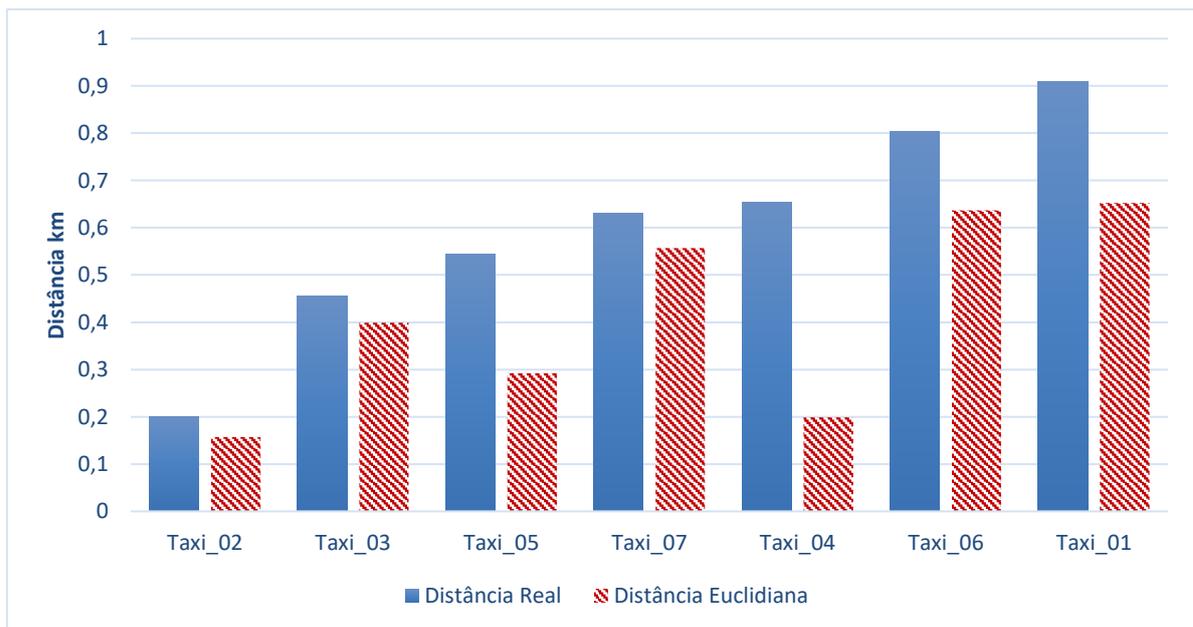


Figura 6.7 - Distância Real x Distância Euclidiana – Cenário 2 Teste 01

6.3 Considerações Finais

Foram apresentados nesse capítulo o planejamento para a elaboração dos testes com atenção para os recursos, os dados e a configuração dos pesos de cada um dos parâmetros.

Foram apresentados também os testes realizados juntamente com a disposição geográfica dos táxis e as respectivas pontuações obtidas por intermédio do modelo matemático. O processo de oferta e aceite de corridas também foi analisado e uma comparação entre as distâncias real e euclidiana foi realizada mostrando que em alguns casos houve uma grande diferença no valor da distância real e quando calculada com a distância

euclidiana. Esse fato pode levar a tomada de decisões errôneas quanto a atribuição de um táxi a um passageiro.

Por fim, conclui-se que os testes realizados foram essenciais para a verificação das respostas do sistema de despacho quando do uso das pontuações do táxi (obtidas por intermédio do modelo matemático) como meio para determinar a ordem de oferta e aceite das corridas.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusão

No presente trabalho, o objetivo geral foi o de desenvolver uma abordagem para despacho de táxis usando um modelo matemático de programação linear. Além dos parâmetros relacionados à quantidade de corridas canceladas, recusadas, nota do passageiro e distância do táxi ao passageiro, foram propostos parâmetros adicionais tais como o Selo Fidelidade, *Go to Home* e o Índice de Envelhecimento a fim de permitir uma análise e uma classificação robusta e que permitisse a escolha do táxi que possuísse maior chance de atendimento para ser despachado.

Análises relacionada ao cálculo da distância pelo método euclidiano e pelo cálculo do caminho real foram realizados e demonstraram a possibilidade do uso dessa abordagem.

No caso do despacho com o cálculo realizado por intermédio da distância euclidiana, observou-se nos dados usados nos testes que, por vezes, o táxi escolhido não era o mais próximo ao passageiro. Essa situação pode provocar escolhas que, quando baseadas em informações que não condizem com a real distância, levam a problemas relacionados ao alto tempo de espera do passageiro (táxi com tempo maior de chegada ao passageiro), maior consumo de combustível (táxi percorre uma distância maior até o passageiro), possíveis cancelamentos de corridas (tempo alto de espera do passageiro) ou desistência do táxi (pela distância a ser percorrida).

Com a variação dos pesos foi possível verificar a influência de cada um dos parâmetros durante o processo de escolha do táxi. Observou-se que, quando o maior valor de peso foi atribuído aos parâmetros *Go to Home*, Selo Fidelidade e Índice de Envelhecimento houve um incremento na pontuação dos táxis possibilitando que estes fossem deslocados para as primeiras camadas aumentando, conseqüentemente, a possibilidade de que estes táxis fossem escolhidos no processo de despacho o que vai de encontro com o objetivo na criação desses novos parâmetros.

Portanto, com o projeto desenvolvidos, apresentou-se possibilidades em relação ao processo de despacho de táxi. Essas possibilidades se referem a inclusão de novos parâmetros no modelo de despacho possibilitando uma escolha de táxi que leva em consideração mais variáveis do que somente a distância como ocorre no Modelo Básico para Despacho de Táxis.

7.2 Trabalhos Futuros

Este projeto faz parte do desenvolvimento de um sistema de despacho que utiliza otimização para definição dos parâmetros permitindo a análise de desempenho dos táxis a serem despachados para passageiros. Neste sentido, algumas inclusões podem ser direcionadas para este projeto.

O uso de métodos de paralelização referente aos módulos de despacho para que o tempo de processamento seja viável para a implantação desse sistema em uma cidade real.

Pode-se desenvolver trabalhos que usam a técnica de predição para prever quando táxis, estão, em um determinado momento, classificados como ocupados. Esse fato permite, quando conveniente selecionar esses táxis para uma corrida futura uma vez que mesmo ocupado, um táxi pode ser mais eficiente no atendimento do que um outro taxi que esteja disponível no momento da solicitação.

Trabalhos que usam técnicas de Inteligência Artificial, como por exemplo, o Aprendizado de Máquina para a definição dos pesos e parâmetros no modelo de otimização pode vir a ser de grande importância para abordagens futuras.

REFERÊNCIAS

- Ali, M. Z., & Reynolds, R. G. (2014). Cultural algorithms: a Tabu search approach for the optimization of engineering design problems. *Soft Computing*, 18(8), 1631–1644. <https://doi.org/10.1007/s00500-013-1169-5>
- Anwar, A., Odoni, A., & Rus, D. (2015). Inferring Unmet Demand from Taxi Probe Data. In *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems* (p. 861–868). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2015.145>
- Anwar, A., Volkov, M., & Rus, D. (2013). ChangiNOW : a Mobile Application for Efficient Taxi Allocation at Airports. In *Proceedings of the 16th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems* (p. 694–701). Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/85818>
- Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R., & Horacio, Y. (2015). *Pesquisa Operacional: Para cursos de engenharia (2ª)*. Rio de Janeiro - Brasil: Elsevier Editora Ltda. Recuperado de https://books.google.com.br/books?id=aZbpCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Pesquisa+Operacional:+Para+cursos+de+engenharia&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwj_henT24bZAhVHj5AKHXFWCWQQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Pesquisa+Operacional%3A+Para+cursos+de+engenharia&f=false
- Bai, R., Li, J., Atkin, J. A. D., & Kendall, G. (2014). A Novel Approach to Independent Taxi Scheduling Problem based on Stable Matching. *Journal of the Operational Research Society*, 65(10), 1501–1510. <https://doi.org/10.1057/jors.2013.96>
- Bell, M. G. H. (1995). Alternatives to Dial's logit assignment algorithm. *Transportation Research Part B: Methodological*, 29(4), 287–295. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(95\)00005-X](https://doi.org/10.1016/0191-2615(95)00005-X)
- Budge, S., Ingolfsson, A., & Erkut, E. (2009). Technical Note—Approximating Vehicle Dispatch Probabilities for Emergency Service Systems with Location-Specific Service Times and Multiple Units per Location. *Operations Research*, 57(1), 251–255. <https://doi.org/10.1287/opre.1080.0591>
- Burwell, T. (1986). *A spatially distributed queueing model for ambulance systems*. Clensom University. Clensom University. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/35823643_A_spatially_distributed_queueing_model_for_ambulance_systems_microform

- Dijkstra, E. W. (1959). A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *NUMERISCHE MATHEMATIK*, 1(1), 269--271. Recuperado de <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.165.7577>
- Ferdous, J., Shatabda, S., & Huda, M. N. (2015). A tabu-based heuristic optimization algorithm for load shedding minimization. In *2015 International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)* (p. 332–335). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAEE.2015.7506862>
- Gao, G., Xiao, M., & Zhao, Z. (2016). Optimal Multi-taxi Dispatch for Mobile Taxi-Hailing Systems. In *2016 45th International Conference on Parallel Processing (ICPP)* (p. 294–303). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPP.2016.41>
- Ingolfsson, A., Erkut, E., & Budge, S. (2003). Simulation of single start station for Edmonton EMS. *Journal of the Operational Research Society*, 54(7), 736–746. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601574>
- Jindal, I., Tony, Qin, Chen, X., Nokleby, M., & Ye, J. (2017). A Unified Neural Network Approach for Estimating Travel Time and Distance for a Taxi Trip. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1710.04350>
- Kuhn, H. W. (2010). The Hungarian Method for the Assignment Problem. In *50 Years of Integer Programming 1958-2008* (p. 29–47). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68279-0_2
- Kuroda, E. T., Kalfas, A. J., & Eller, R. de A. G. (2012). Aplicação da função Cobb-Douglas para análise da produtividade no setor aéreo: o caso da Gol. *Journal of Transport Literature*, 6(2), 169–179. <https://doi.org/10.1590/S2238-10312012000200009>
- LAU, H. C., & LIANG, Z. (2002). PICKUP AND DELIVERY WITH TIME WINDOWS: ALGORITHMS AND TEST CASE GENERATION. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 11(3), 455–472. <https://doi.org/10.1142/S0218213002000988>
- Lee, N. M. Y., Lau, H. Y. K., & Ko, A. W. Y. (2009). An Immune Inspired Algorithm for Solving Dynamic Vehicle Dispatching Problem in a Port Container Terminal. In *Artificial Immune Systems* (p. 329–342). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03246-2_30
- Li, H., & Lim, A. (2003). A Metaheuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 12(2), 173–186. <https://doi.org/10.1142/S0218213003001186>

- Majzoubi, F., Bai, L., & Heragu, S. S. (2012). An optimization approach for dispatching and relocating EMS vehicles. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 2(3), 211–223. <https://doi.org/10.1080/19488300.2012.710297>
- Miao, F., Han, S., Lin, S., Stankovic, J. A., Zhang, D., Munir, S., ... Pappas, G. J. (2016). Taxi Dispatch With Real-Time Sensing Data in Metropolitan Areas: A Receding Horizon Control Approach. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(2), 463–478. <https://doi.org/10.1109/TASE.2016.2529580>
- Munkres, J. (1957). Algorithms for the Assignment and Transportation Problems. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 5(1), 32–38. <https://doi.org/10.1137/0105003>
- Murça, M. C. R. (2017). A Robust Pptimization Approach for Airport Departure Metering under Uncertain Taxi-out Time Predictions. *Aerospace Science and Technology*, 68, 269–277. <https://doi.org/10.1016/J.AST.2017.05.020>
- Okamoto, M., Nonaka, T., Ochiai, S., & Tominaga, D. (1998). Nonlinear Numerical Optimization with use of a Hybrid Genetic Algorithm Incorporating the Modified Powell Method. *Applied Mathematics and Computation*, 91(1), 63–72. [https://doi.org/10.1016/S0096-3003\(97\)10007-8](https://doi.org/10.1016/S0096-3003(97)10007-8)
- Powell, M. J. D. (1964). An Efficient Method for Finding the Minimum of a Function of Several Variables without Calculating Derivatives. *The Computer Journal*, 7(2), 155–162. <https://doi.org/10.1093/comjnl/7.2.155>
- Singh Rajput, I., & Gupta, D. (2013). A Priority based Round Robin CPU Scheduling Algorithm for Real Time Systems. *Journal of Advanced Engineering Technologies*, Vol2(Issue3), 120–124. Recuperado de https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/information_technology/A_Priority_based.pdf
- Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints. *Operations Research*, 35(2), 254–265. <https://doi.org/10.1287/opre.35.2.254>
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Sistemas Operacionais Modernos* (2ª Edição). São Paulo: Prentice Hall. Recuperado de <http://www.saraiva.com.br/sistemas-operacionais-modernos-2-edicao-2007-129580.html>
- Verma, S. K., & Vo, H. T. (2015). A Predictive Taxi Dispatching System for Improved User Satisfaction and Taxi Utilization. In *2015 IEEE International Conference on Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity)* (p. 175–182). IEEE.

- <https://doi.org/10.1109/SmartCity.2015.67>
- Wang, H., Cheu, R., & Lee, D.-H. (2014). Intelligent Taxi Dispatch System for Advance Reservations. *Journal of Public Transportation*, 17(3), 115–128. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.17.3.8>
- Wong, K. I., Wong, S. C., Bell, M. G. H., & Yang, H. (2005). Modeling the Bilateral Micro-Searching Behavior for Urban Taxi Services using the Absorbing Markov Chain Approach. *Journal of Advanced Transportation*, 39(1), 81–104. <https://doi.org/10.1002/atr.5670390107>
- Yang, H., Leung, C. W. Y., Wong, S. C., & Bell, M. G. H. (2010). Equilibria of Bilateral Taxi–Customer Searching and Meeting on Networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(8), 1067–1083. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.12.010>
- Yang, T., Yang, H., Wong, S. C., & Sze, N. N. (2014). Returns to Scale in the Production of Taxi Services: an Empirical Analysis. *Transportmetrica A: Transport Science*, 10(9), 775–790. <https://doi.org/10.1080/23249935.2013.794174>
- Yao, Z. M., Long, Z. P., & Li, Q. (2013). Taxi Intelligent Dispatch System Based on GPS. *Advanced Materials Research*, 742, 463–468. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.742.463>
- Zhang, K., Zhang, K., Leng, S., & Xu, S. (2013). Adaptive Airport Taxi Dispatch Algorithm Based on PCA-WNN. In *2013 IEEE 11th International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing* (p. 340–343). IEEE. <https://doi.org/10.1109/DASC.2013.86>

APÊNDICE

Neste apêndice são apresentadas as tabelas e os gráficos referentes aos testes executados para o cenário 1 (ver dados na seção). O objetivo da execução desses testes é verificar os resultados obtidos de acordo com as configurações dos pesos. Para cada 1 dos testes uma combinação de peso foi realizada. As configurações dos pesos estão compiladas na Tabela 9-1 a seguir.

Tabela 9-1 - Pesos Usados em Cada um dos Testes Executados do Cenário 1

	Distância	Recusa	Cancelamento	Notas do Táxi	Go to Home	Selo Fidelidade	Índice de Envelhecimentos
Teste 01	4	1	1	1	1	1	1
Teste 02	1	4	1	1	1	1	1
Teste 03	1	1	4	1	1	1	1
Teste 04	1	1	1	4	1	1	1
Teste 05	1	1	1	1	4	1	1
Teste 06	1	1	1	1	1	4	1
Teste 07	1	1	1	1	1	1	4
Teste 08	2,5	2,5	1	1	1	1	1
Teste 09	2,5	1	2,5	1	1	1	1
Teste 10	2,5	1	1	2,5	1	1	1
Teste 11	2,5	1	1	1	2,5	1	1
Teste 12	2,5	1	1	1	1	2,5	1
Teste 13	2,5	1	1	1	1	1	2,5
Teste 14	1	2,5	2,5	1	1	1	1
Teste 15	1	2,5	1	2,5	1	1	1
Teste 16	1	2,5	1	1	2,5	1	1
Teste 17	1	2,5	1	1	1	2,5	1
Teste 18	1	2,5	1	1	1	1	2,5
Teste 19	1	1	2,5	2,5	1	1	1
Teste 20	1	1	2,5	1	2,5	1	1
Teste 21	1	1	2,5	1	1	2,5	1
Teste 22	1	1	2,5	1	1	1	2,5
Teste 23	1	1	1	2,5	2,5	1	1
Teste 24	1	1	1	2,5	1	2,5	1
Teste 25	1	1	1	2,5	1	1	2,5
Teste 26	1	1	1	1	2,5	2,5	1
Teste 27	1	1	1	1	2,5	1	2,5
Teste 28	1	1	1	1	1	2,5	2,5
Teste 29	1	1	1	1	2	2	2

Tabela 9-2 - Táxis escolhidos nos testes realizados para o Cenário 1

	Táxi Escolhido	Camada
Teste 01	Táxi_09	0
Teste 02	Táxi_10	1
Teste 03	Táxi_04	0
Teste 04	Táxi_04	0
Teste 05	Táxi_07	0
Teste 06	Táxi_09	0
Teste 07	Táxi_04	0
Teste 08	Táxi_04	0
Teste 09	Táxi_09	0
Teste 10	Táxi_09	0
Teste 11	Táxi_04	0
Teste 12	Táxi_04	0
Teste 13	Táxi_09	0
Teste 14	Táxi_04	0
Teste 15	Táxi_09	0
Teste 16	Táxi_09	0
Teste 17	Táxi_03	1
Teste 18	Táxi_09	0
Teste 19	Táxi_03	0
Teste 20	Táxi_04	0
Teste 21	Táxi_03	0
Teste 22	Táxi_09	0
Teste 23	Táxi_09	0
Teste 24	Táxi_04	0
Teste 25	Táxi_09	0
Teste 26	Táxi_03	0
Teste 27	Táxi_09	0
Teste 28	Táxi_04	0
Teste 29	Táxi_03	0

Para o cenário 1, o táxi escolhido quando do uso somente da distância como parâmetro foi o Táxi_06.

9.1 Teste 02

Para o Teste 02, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-3 :

Tabela 9-3 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 02

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	4
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-3 o parâmetro Recusa foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_10 o qual possui o maior valor referente às Recusas Normalizadas como pode ser observado na Tabela 9-4. Esse valor de recusa ofereceu ao táxi escolhido a terceira maior pontuação. Nesse caso, pode-se observar na Figura 9.1, que o táxi escolhido pertence a segunda camada. Vale ressaltar que o aceite para cada táxi ocorre de forma aleatória possibilitando a escolha de táxis que não necessariamente estejam nas primeiras camadas. É exibido na Figura 9.2 um comparativo entre as recusas normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-4 – Recusas Normalizada e Pontuações dos Táxis – Teste 02

Táxis	Recusas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,441	3,856
Taxi_04	0,407	6,131
Taxi_05	0,322	3,172
Taxi_09	0,661	6,697
Taxi_01	0,288	2,715
Taxi_10	1	4,698
Taxi_07	0,322	4,36
Taxi_08	0,441	3,505
Taxi_02	0,034	1,089
Taxi_03	0	4

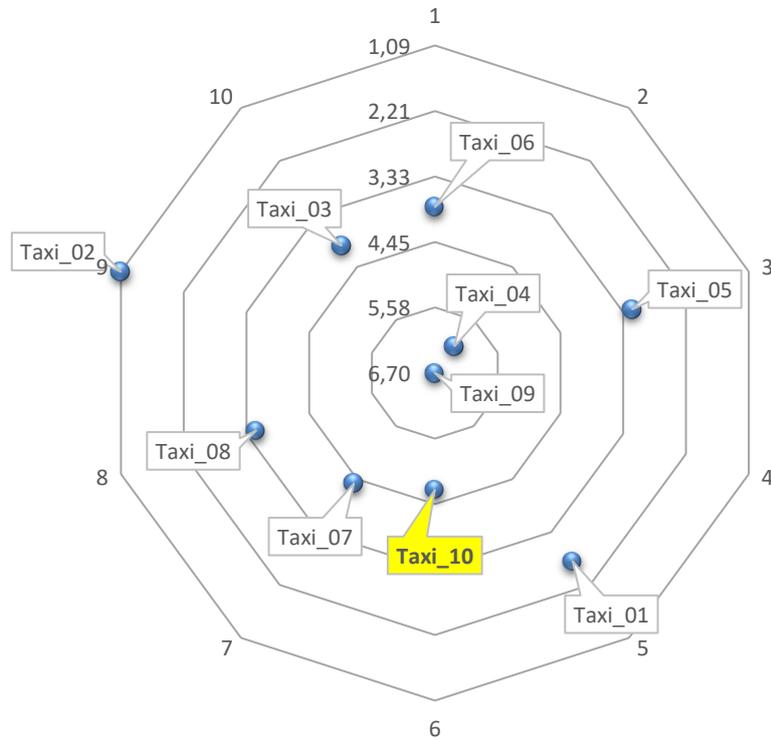


Figura 9.1 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 02

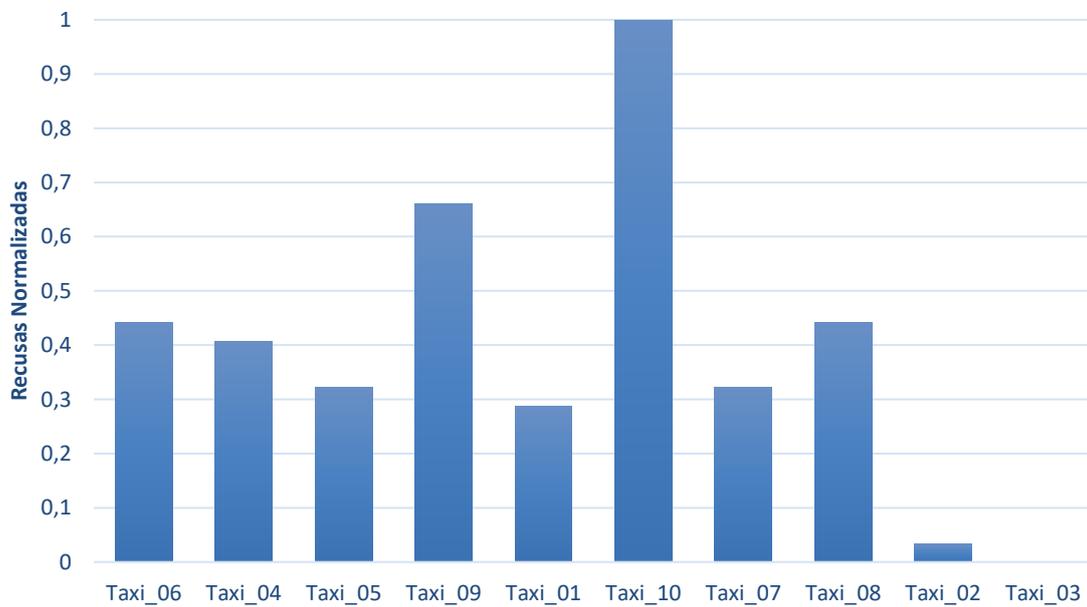


Figura 9.2 - Recusas Normalizadas x Táxis – Teste 02

9.2 Teste 03

Para o Teste 03, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-5:

Tabela 9-5 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 03

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	4
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-5 o parâmetro Cancelamento foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor referente aos Cancelamentos Normalizados como pode ser observado na Tabela 9-6. Esse valor de cancelamento ofereceu ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.3. É exibido na Figura 9.4 um comparativo entre os cancelamentos normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-6 – Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 03

Táxis	Cancelamentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Táxi_06	0,364	3,625
Táxi_04	1	7,91
Táxi_05	0,303	3,115
Táxi_09	1	7,714
Táxi_01	0,333	2,85
Táxi_10	0	1,698
Táxi_07	0,394	4,576
Táxi_08	0,242	2,908
Táxi_02	0	0,987
Táxi_03	1	7

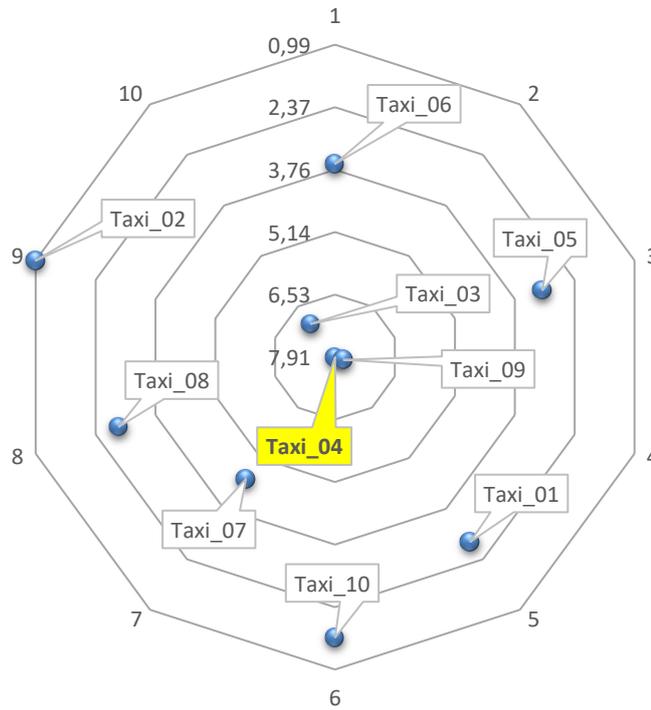


Figura 9.3 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 03

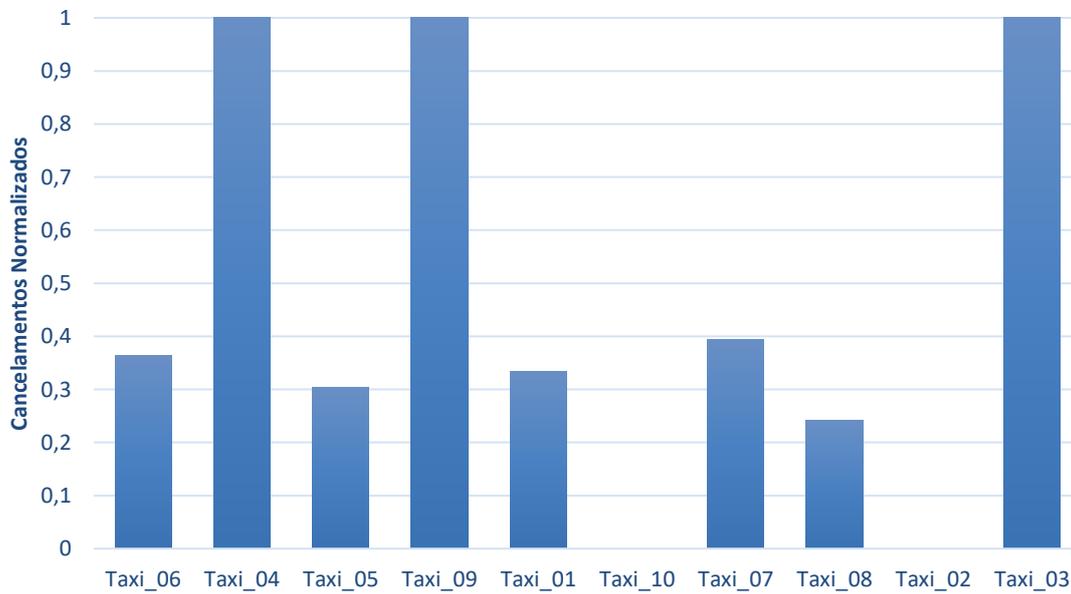


Figura 9.4 - Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 03

9.3 Teste 04

Para o Teste 04, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-7:

Tabela 9-7 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 04

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	4
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-3 o parâmetro Nota do Táxi foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor referente às Notas Normalizadas como pode ser observado na Tabela 9-8. Esse valor de nota normalizada ofereceu ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.5. É exibido na Figura 9.6 um comparativo entre as notas normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-8 – Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 04

Táxis	Notas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	3,625
Taxi_04	1	7,91
Taxi_05	0,303	3,115
Taxi_09	1	7,714
Taxi_01	0,333	2,85
Taxi_10	0	1,698
Taxi_07	0,394	4,576
Taxi_08	0,242	2,908
Taxi_02	0	0,987
Taxi_03	1	7

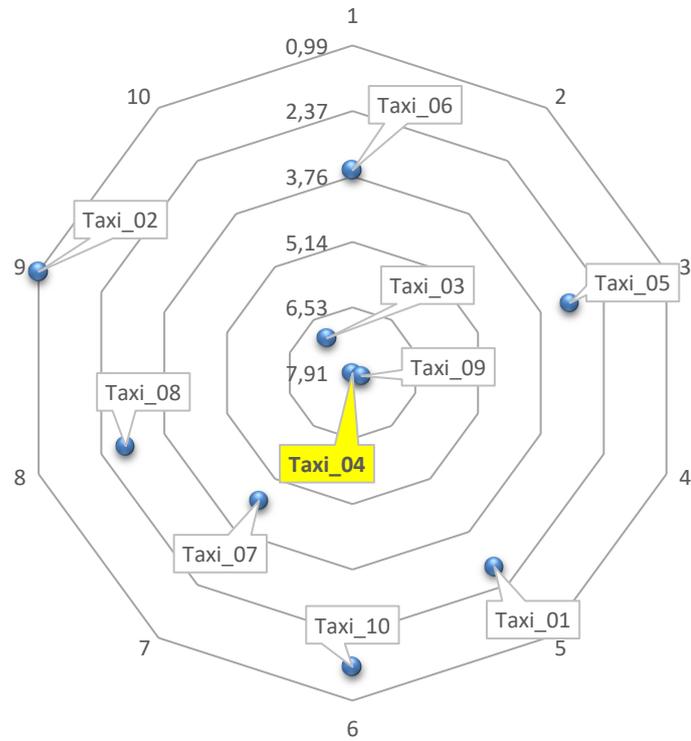


Figura 9.5 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 04

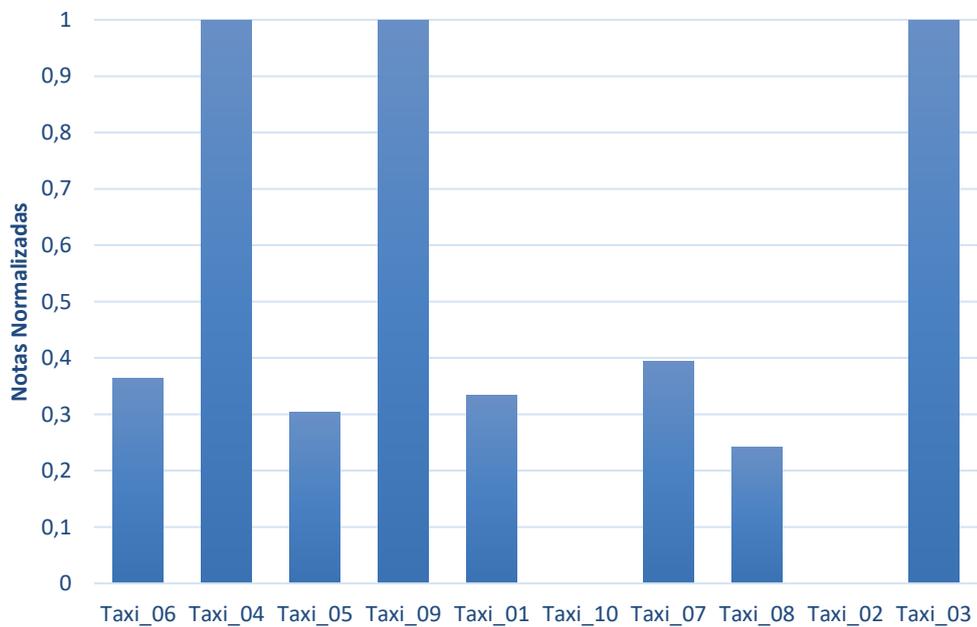


Figura 9.6 - Notas Normalizadas x Táxis – Teste 04

9.4 Teste 05

Para o Teste 05, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-9:

Tabela 9-9 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 05

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	4
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-9 o parâmetro *Go to Home* foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_07 o qual possui o maior valor referente ao *Go to Home* como pode ser observado na Tabela 9-10. Esse valor referente ao *Go to Home* ofereceu ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este também ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.7. É exibido na Figura 9.8 um comparativo entre os valores referentes ao *Go to Home* de cada um dos táxis participantes do processo. O único táxi que obteve a pontuação do *Go to Home* foi o Táxi_07. Neste caso, o bônus foi concebido pelo fato da solicitação de corrida ter ocorrido a menos de 1h do horário de termino do serviço desse táxi.

Tabela 9-10 – *Go to Home* e Pontuações dos Táxis – Teste 05

Táxis	<i>Go to Home</i>	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0	2,533
Taxi_04	0	4,91
Taxi_05	0	2,206
Taxi_09	0	4,714
Taxi_01	0	1,851
Taxi_10	0	1,698
Taxi_07	10	6,394

Taxi_08	0	2,182
Taxi_02	0	0,987
Taxi_03	0	4

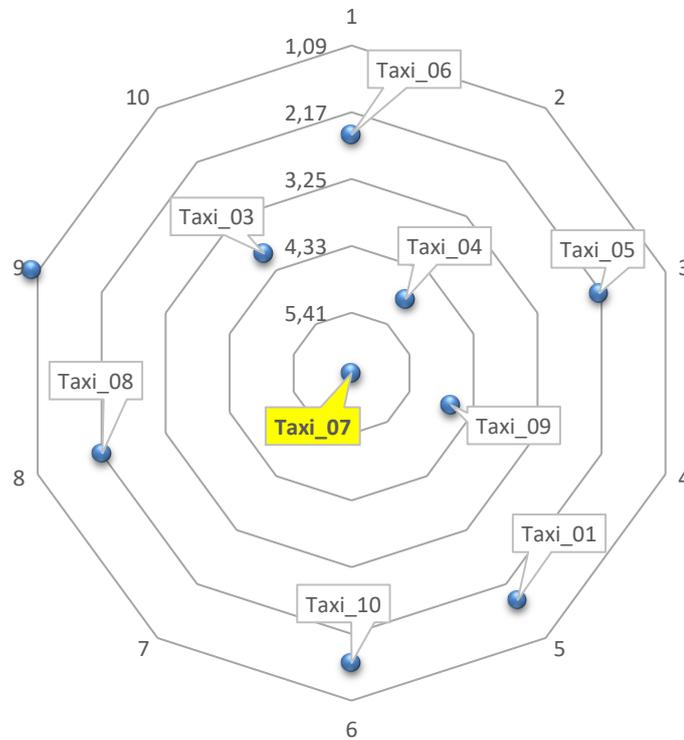


Figura 9.7 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 05

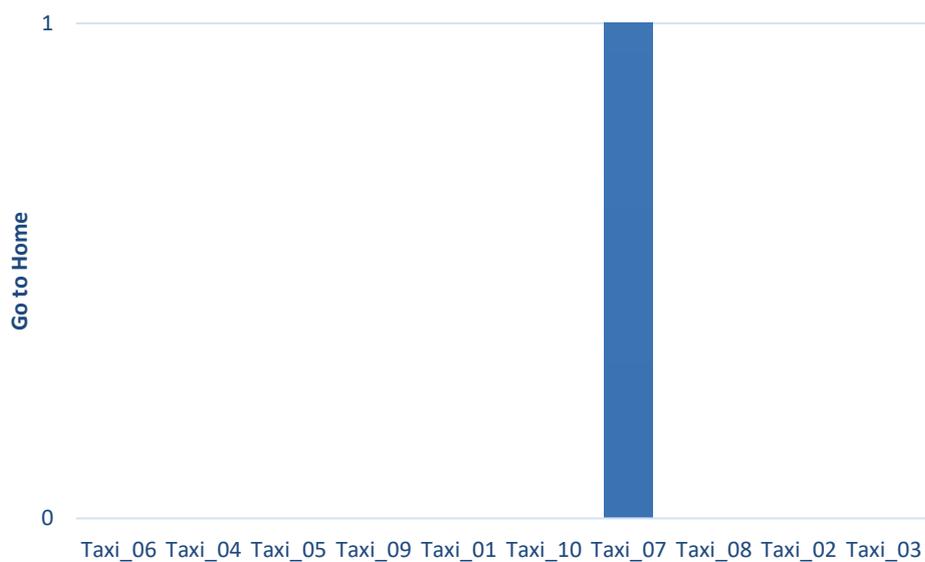


Figura 9.8 - Go to Home x Táxis – Teste 05

9.5 Teste 06

Para o Teste 06, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-11:

Tabela 9-11 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 06

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	4
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-11 o parâmetro Selo de Fidelidade foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor referente ao Selo Fidelidade como pode ser observado na Tabela 9-12. Esse valor de selo fidelidade ofereceu ao táxi escolhido segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.9 na primeira camada. É exibido na Figura 9.10 um comparativo entre as pontuações referentes aos Selos Fidelidade de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-12 – Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 06

Táxis	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	3,625
Taxi_04	1	7,91
Taxi_05	0,303	3,115
Taxi_09	1	7,714
Taxi_01	0,333	2,85
Taxi_10	0	1,698
Taxi_07	0,394	4,576
Taxi_08	0,242	2,908
Taxi_02	0	0,987
Taxi_03	1	7

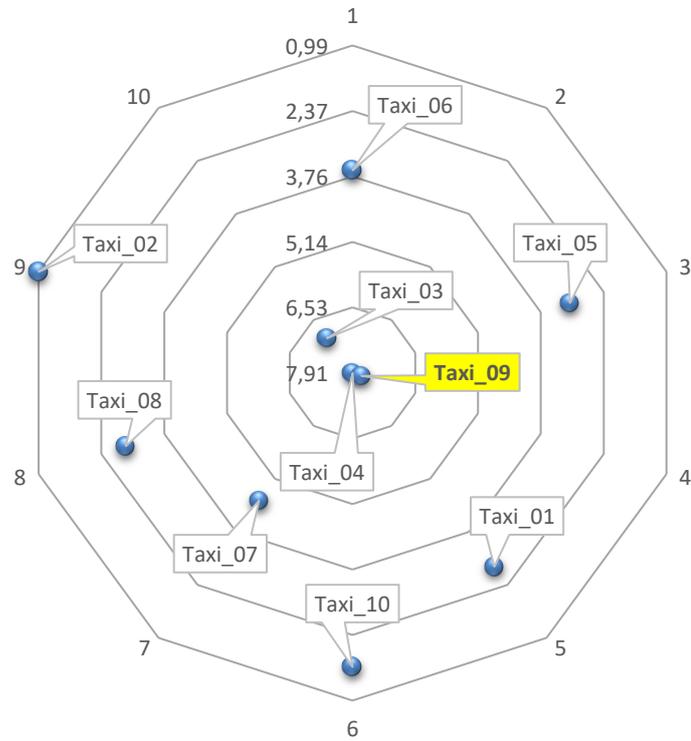


Figura 9.9 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 06

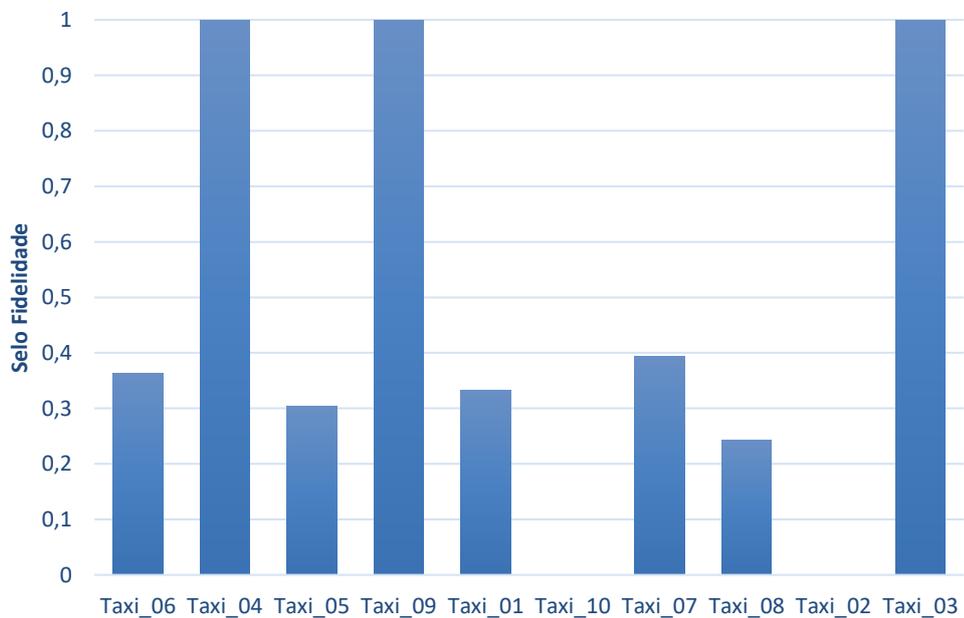


Figura 9.10 - Selo Fidelidade x Táxis – Teste 06

9.6 Teste 07

Para o Teste 07, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-13:

Tabela 9-13 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 07

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	4

Na Tabela 9-13 o parâmetro Índice de Envelhecimento foi configurado com o maior valor de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor referente ao Índice de Envelhecimento Normalizados como pode ser observado na Tabela 9-14. Esse valor de envelhecimento ofereceu ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.11. É exibido na Figura 9.12 um comparativo entre os Envelhecimentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-14 – Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 07

Táxis	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0	2,533
Taxi_04	0,857	7,481
Taxi_05	0,429	3,493
Taxi_09	0,571	6,427
Taxi_01	0,143	2,28
Taxi_10	0,286	2,556
Taxi_07	0,571	5,107
Taxi_08	0,714	4,324
Taxi_02	0,857	3,558
Taxi_03	1	7

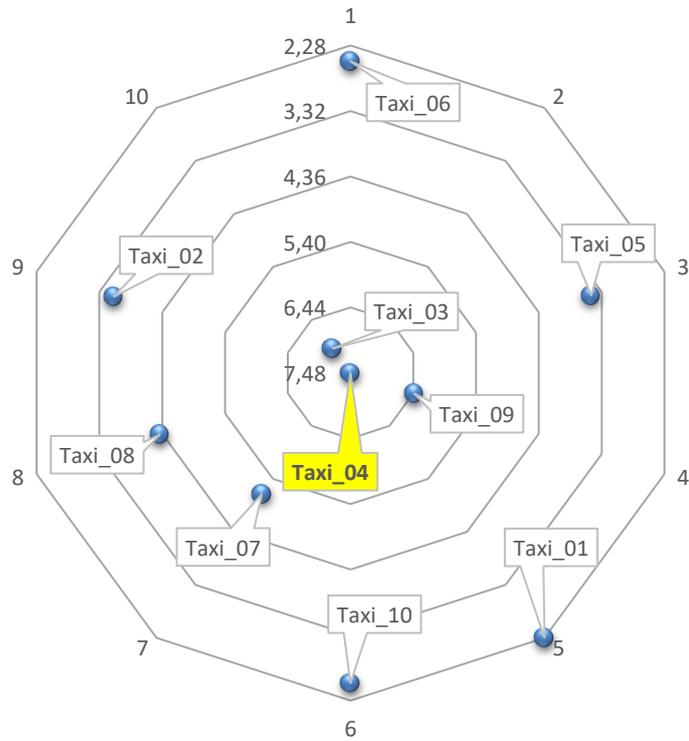


Figura 9.11 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 07

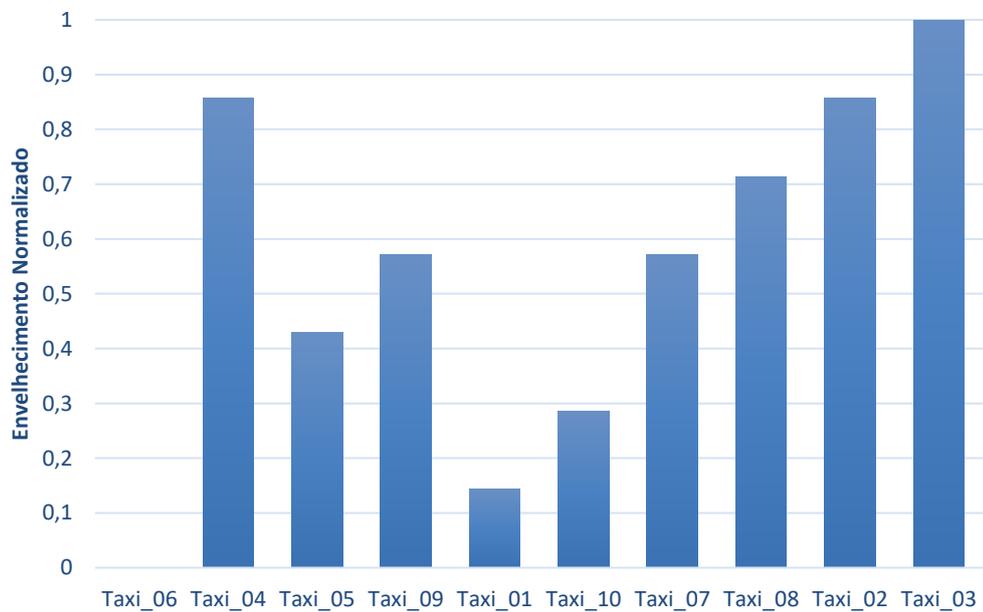


Figura 9.12 - Envelhecimento Normalizado x Táxis – Teste 07

9.7 Teste 08

Para o Teste 08, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-15:

Tabela 9-15 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 08

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	2,5
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-15 os parâmetros Distância e Recusa foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui a segunda menor distância e o quinto maior valor referente às Recusas Normalizadas como pode ser observado na Na Tabela 9-16. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.13. É exibido na Figura 9.14 um comparativo entre as Distâncias e as Recusas Normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-16 – Distâncias Reais, Recusas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 08

Táxis	Distâncias Reais (km)	Recusas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0,441	4,694
Taxi_04	1,351	0,407	6,489
Taxi_05	1,551	0,322	3,508
Taxi_09	1,677	0,661	6,428
Taxi_01	1,8	0,288	2,914
Taxi_10	1,817	1	3,816
Taxi_07	2,003	0,322	4,356
Taxi_08	2,039	0,441	3,295
Taxi_02	2,449	0,034	1,182
Taxi_03	2,641	0	4

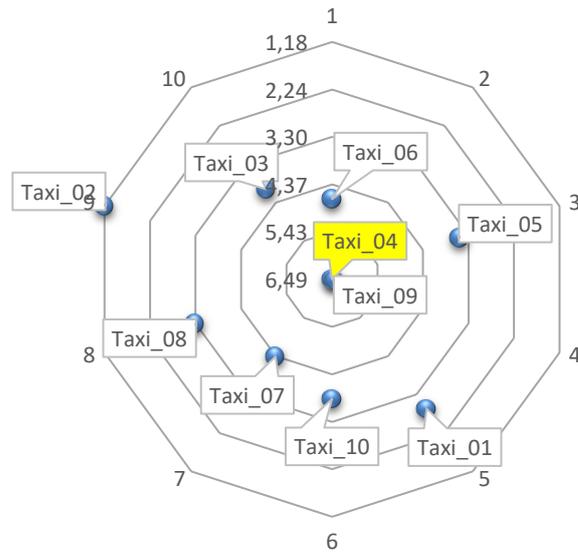


Figura 9.13 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 08

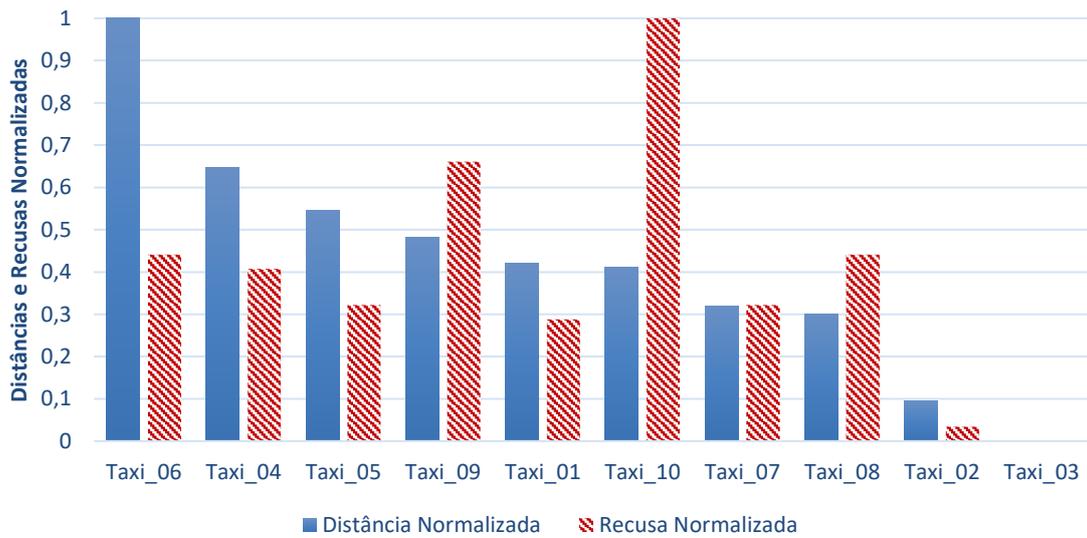


Figura 9.14 - Distâncias e Recusas Normalizadas x Táxis – Teste 08

9.8 Teste 09

Para o Teste 09, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-17:

Tabela 9-17 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 09

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-17 os parâmetros Distância e Cancelamento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui a quarta menor distância e o maior valor referente aos Cancelamentos Normalizados como pode ser observado na Tabela 9-18. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.15. É exibido na Figura 9.16 um comparativo entre as Distâncias e os Cancelamentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-18 – Distâncias Reais, Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 09

Táxis	Distâncias Reais (km)	Cancelamentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0,364	4,579
Taxi_04	1,351	1	7,379
Taxi_05	1,551	0,303	3,479
Taxi_09	1,677	1	6,937
Taxi_01	1,8	0,333	2,982
Taxi_10	1,817	0	2,316
Taxi_07	2,003	0,394	4,463
Taxi_08	2,039	0,242	2,997
Taxi_02	2,449	0	1,131
Taxi_03	2,641	1	5,5

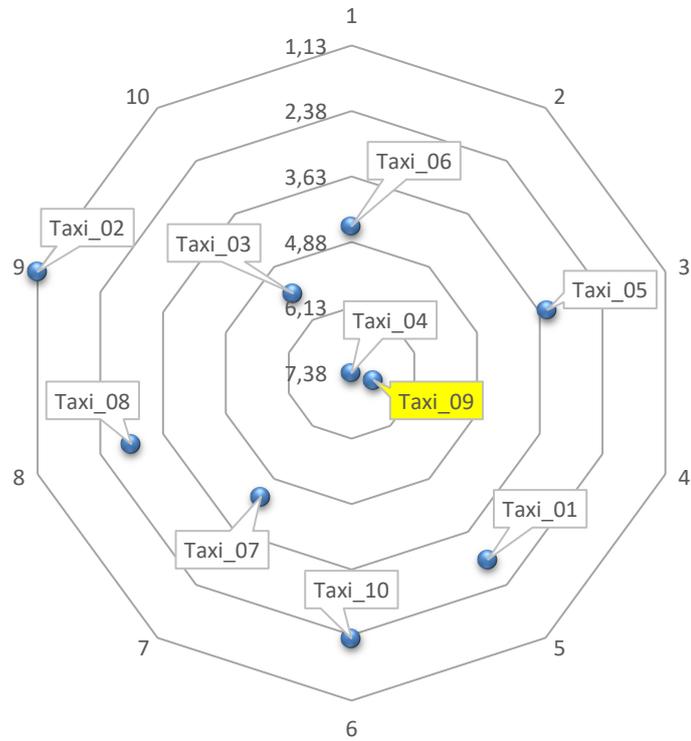


Figura 9.15 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 09

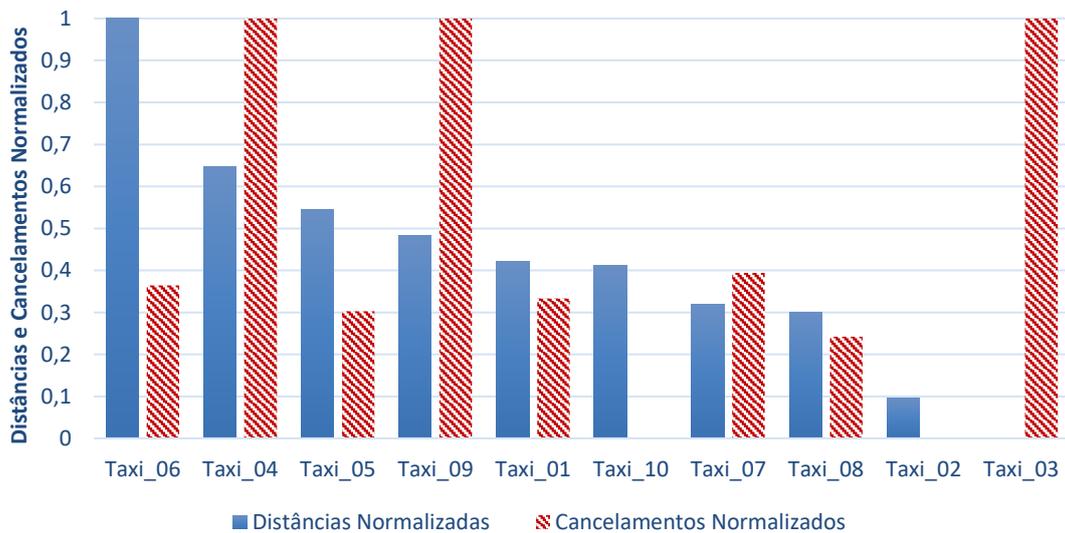


Figura 9.16 - Distâncias e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 09

9.9 Teste 10

Para o Teste 10, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-19:

Tabela 9-19 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 10

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	2,5
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-19 os parâmetros Distância e Nota do Táxi foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui a quarta menor distância e o maior valor referente às Notas Normalizadas como pode ser observado na Tabela 9-20. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.17. É exibido na Figura 9.18 um comparativo entre as Distâncias e as Notas Normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-20 – Distâncias Reais, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 10

Táxis	Distâncias Reais (km)	Notas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0,364	4,579
Taxi_04	1,351	1	7,379
Taxi_05	1,551	0,303	3,479
Taxi_09	1,677	1	6,937
Taxi_01	1,8	0,333	2,982
Taxi_10	1,817	0	2,316
Taxi_07	2,003	0,394	4,463
Taxi_08	2,039	0,242	2,997
Taxi_02	2,449	0	1,131
Taxi_03	2,641	1	5,5

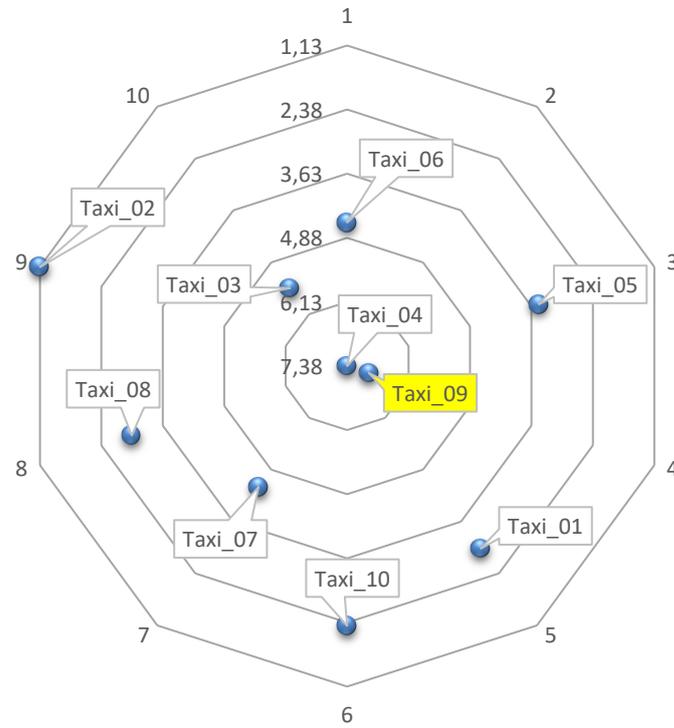


Figura 9.17 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 10

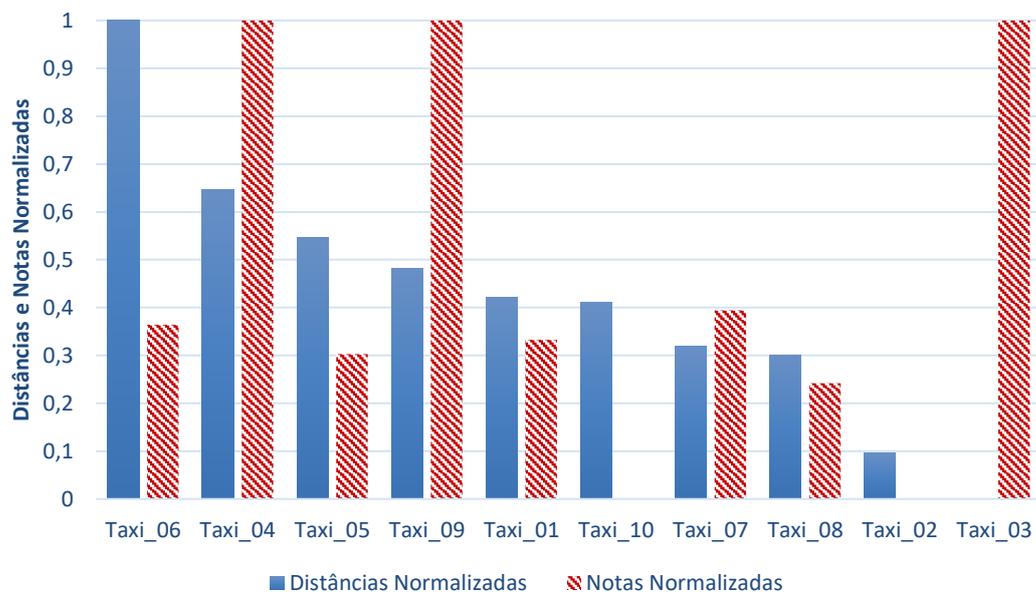


Figura 9.18 - Distâncias e Notas Normalizadas x Táxis – Teste 10

9.10 Teste 11

Para o Teste 11, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-21:

Tabela 9-21 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 11

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	2,5
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-21 os parâmetros *Distância* e *Go to Home* foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui a segunda menor distância e não possui o bônus referente ao *Go to Home* como pode ser observado na Tabela 9-22. Apesar de não possuir o valor referente ao *Go to Home* o Táxi_04 obteve o maior valor de Pontuação que fez com este táxi ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.19. É exibido na Figura 9.20 um comparativo entre as Distâncias e o *Go to Home* de cada um dos táxis participantes do processo. É possível observar que, apesar de ganhar o bônus *Go to Home* o Táxi_07 não foi escolhido, pois outros táxis obtiveram uma maior pontuação final calculada por intermédio do modelo matemático. Entretanto, devido ao *Go to Home*, o Táxi_07 ficou localizado na primeira camada.

Tabela 9-22 – Distâncias Reais, *Go to Home* e Pontuações dos Táxis – Teste 11

Táxis	Distâncias Reais (km)	<i>Go to Home</i>	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0	4,033
Taxi_04	1,351	0	5,879
Taxi_05	1,551	0	3,025
Taxi_09	1,677	0	5,437
Taxi_01	1,8	0	2,482
Taxi_10	1,817	0	2,316
Taxi_07	2,003	10	5,372
Taxi_08	2,039	0	2,634
Taxi_02	2,449	0	1,131
Taxi_03	2,641	0	4

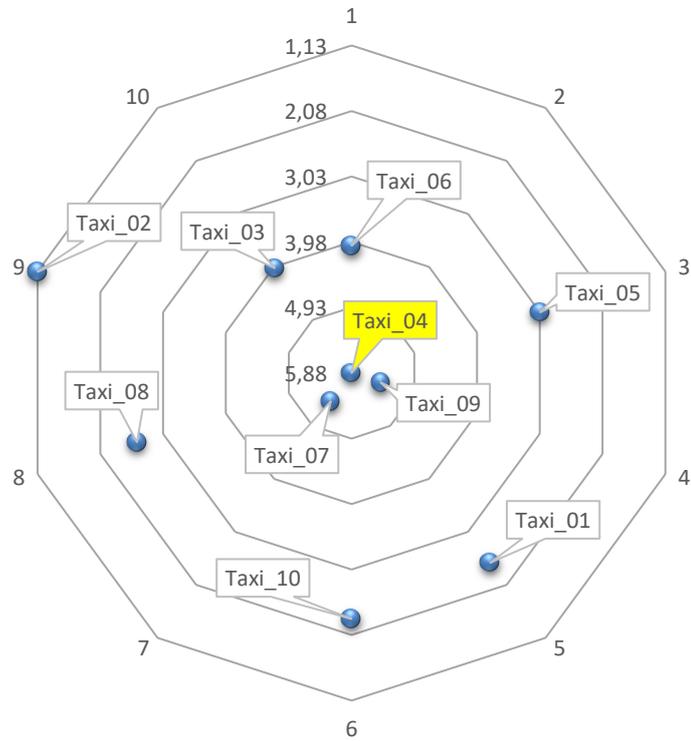


Figura 9.19 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 11

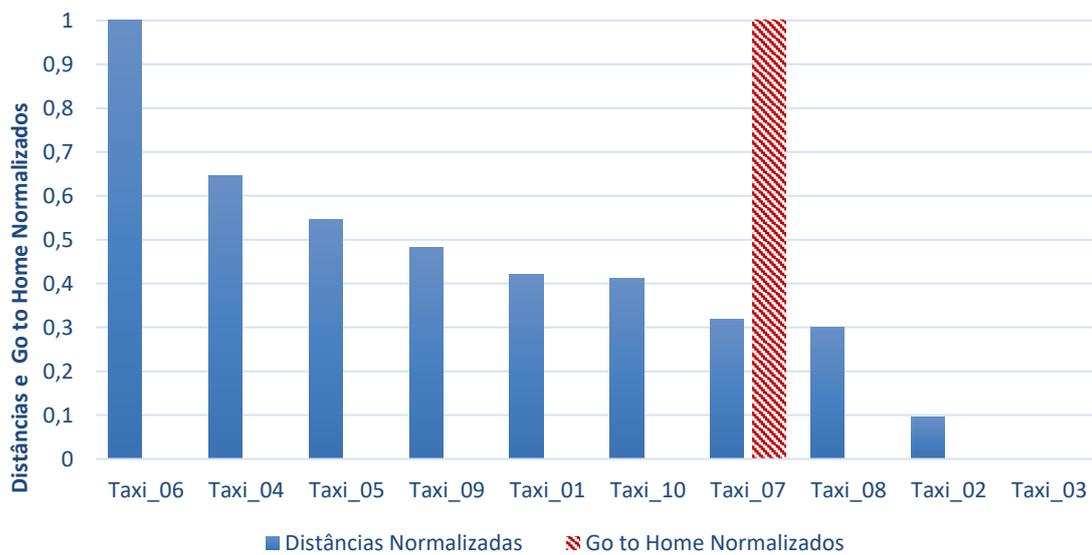


Figura 9.20 - Distâncias e Go to Home Normalizados x Táxis – Teste 11

9.11 Teste 12

Para o Teste 12, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-23:

Tabela 9-23 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 12

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-23 os parâmetros Distância e Selo Fidelidade foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui a segunda menor distância e o maior valor referente ao Selo Fidelidade Normalizado como pode ser observado na Tabela 9-24. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.21. É exibido na Figura 9.22 um comparativo entre as Distâncias e os Selos Fidelidade de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-24 – Distâncias Reais, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 12

Táxis	Distâncias Reais	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0,364	4,579
Taxi_04	1,351	1	7,379
Taxi_05	1,551	0,303	3,479
Taxi_09	1,677	1	6,937
Taxi_01	1,8	0,333	2,982
Taxi_10	1,817	0	2,316
Taxi_07	2,003	0,394	4,463
Taxi_08	2,039	0,242	2,997
Taxi_02	2,449	0	1,131
Taxi_03	2,641	1	5,5

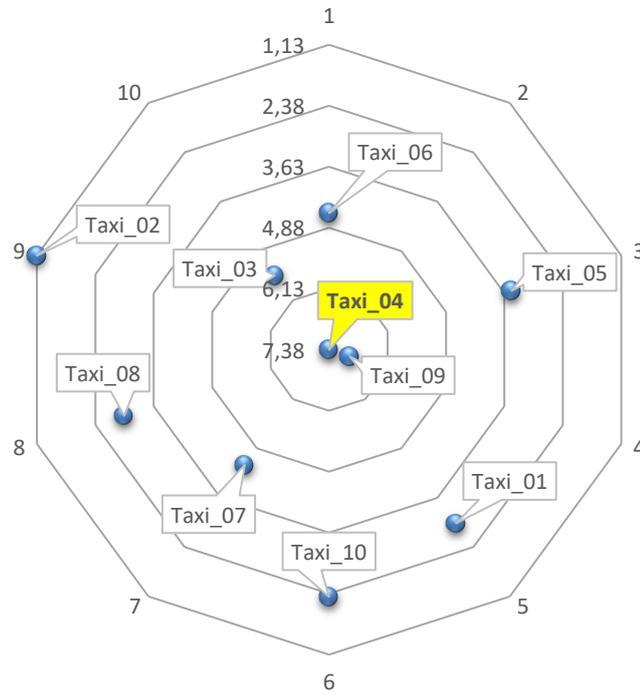


Figura 9.21 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 12

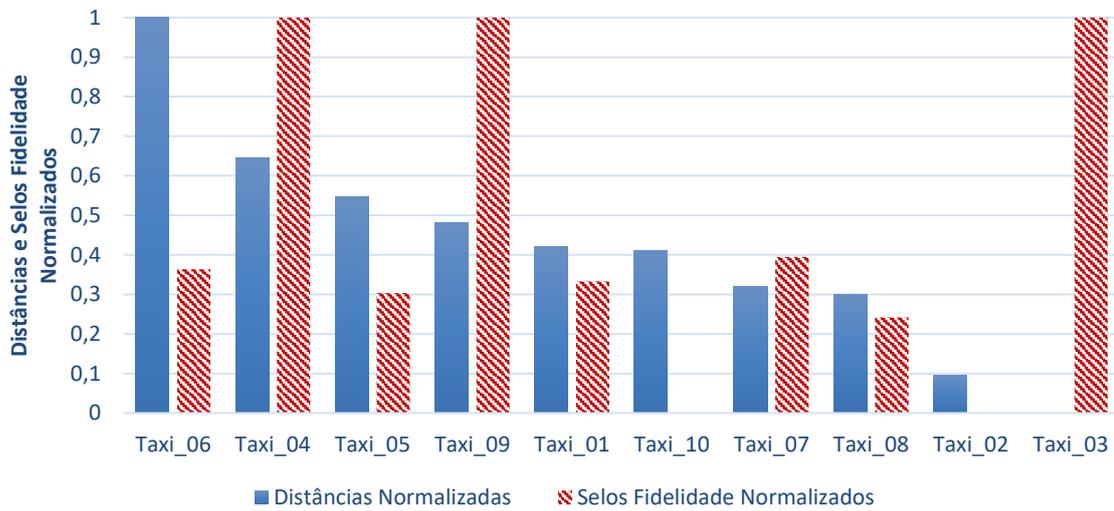


Figura 9.22 - Distâncias e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 12

9.12 Teste 13

Para o Teste 13, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-25:

Tabela 9-25 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 13

Parâmetros	Pesos
Distância	2,5
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-25 os parâmetros Distância e Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui a quarta menor distância e o quinto maior valor referente ao Índice de Envelhecimento como pode ser observado na Tabela 9-26. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.23. É exibido na Figura 9.24 um comparativo entre as Distâncias e os Índices de Envelhecimento de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-26 – Distâncias Reais, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 13

Táxis	Distâncias Reais (km)	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,643	0	4,033
Taxi_04	1,351	0,857	7,165
Taxi_05	1,551	0,429	3,668
Taxi_09	1,677	0,571	6,293
Taxi_01	1,8	0,143	2,697
Taxi_10	1,817	0,286	2,745
Taxi_07	2,003	0,571	4,729
Taxi_08	2,039	0,714	3,704
Taxi_02	2,449	0,857	2,417
Taxi_03	2,641	1	5,5

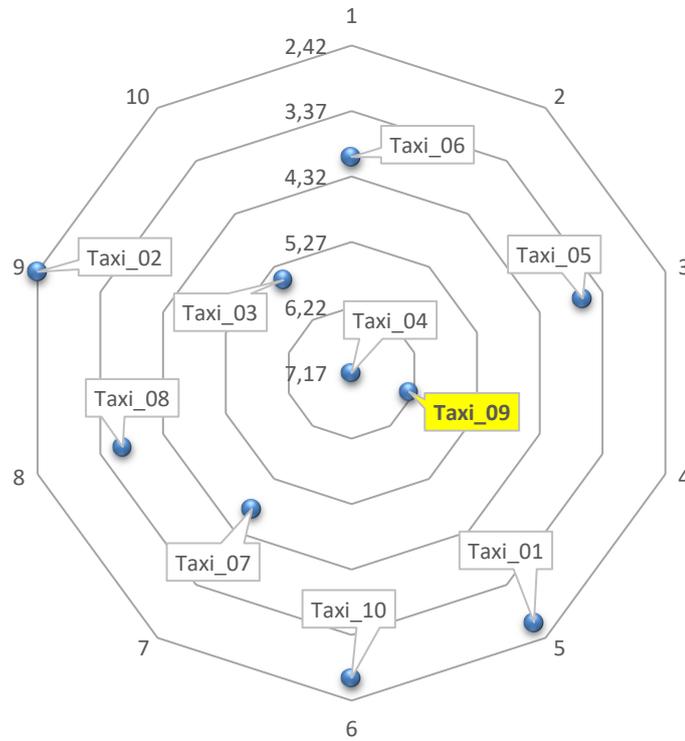


Figura 9.23 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 13

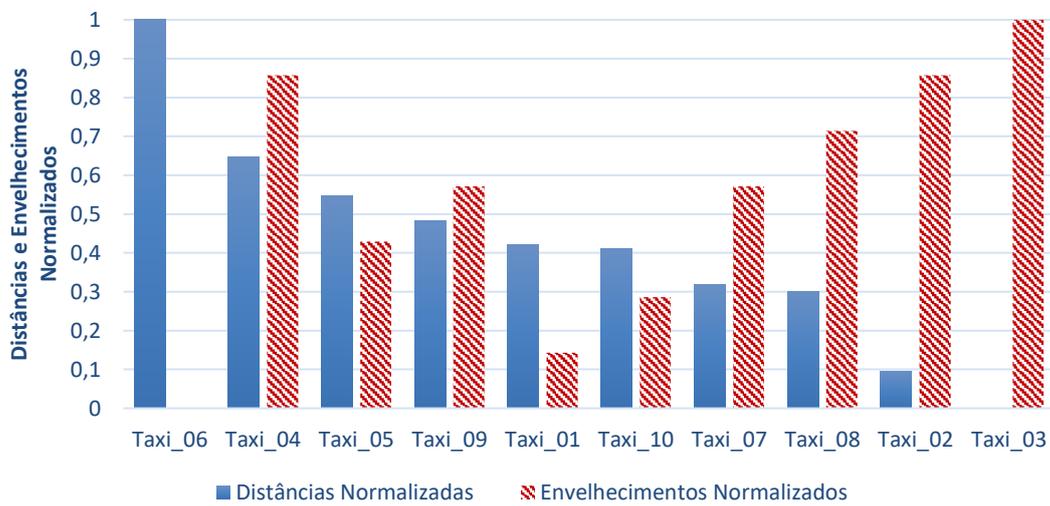


Figura 9.24 - Distâncias e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 13

9.13 Teste 14

Para o Teste 14, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-27:

Tabela 9-27 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 14

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	2,5
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-27 os parâmetros Recusa e Cancelamento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o quarto maior valor de Recusa Normalizada e o maior valor de Cancelamento Normalizado como pode ser observado na Tabela 9-28. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.25. É exibido na Figura 9.26 um comparativo entre as Recusas e os Cancelamentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-28 – Recusas Normalizadas, Cancelamentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 14

Táxis	Recusas Normalizadas	Cancelamentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,441	0,364	3,74
Taxi_04	0,407	1	7,021
Taxi_05	0,322	0,303	3,143
Taxi_09	0,661	1	7,205
Taxi_01	0,288	0,333	2,783
Taxi_10	1	0	3,198
Taxi_07	0,322	0,394	4,468
Taxi_08	0,441	0,242	3,207
Taxi_02	0,034	0	1,038
Taxi_03	0	1	5,5

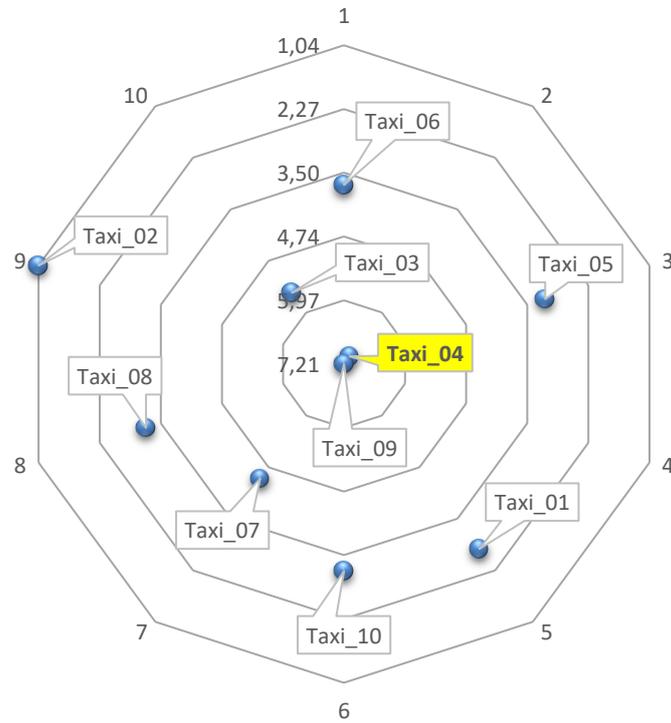


Figura 9.25 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 14

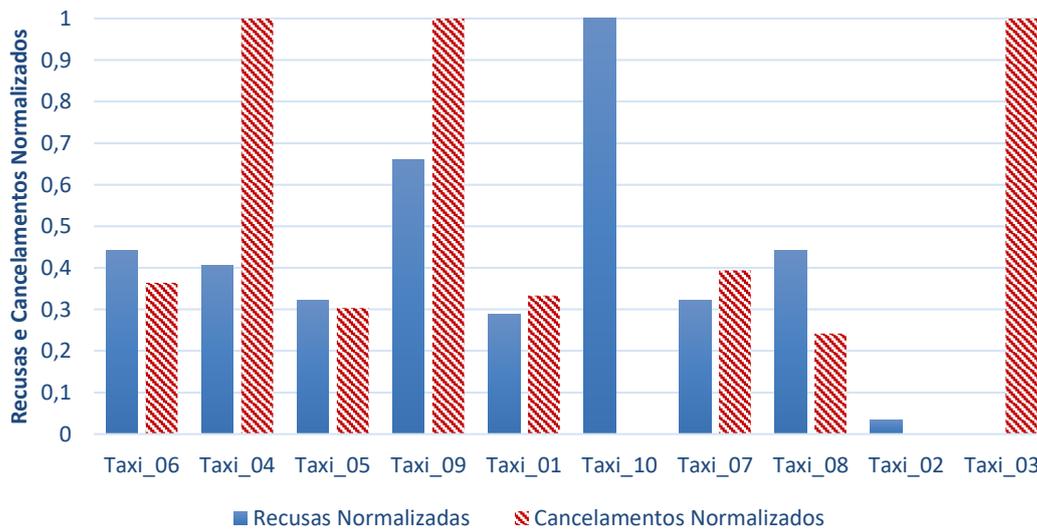


Figura 9.26 - Recusas e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 14

9.14 Teste 15

Para o Teste 15, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-29:

Tabela 9-29 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 15

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	2,5
Cancelamento	1
Nota do Táxi	2,5
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-29 os parâmetros Recusa e Nota do Táxi foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o segundo maior valor de Recusa Normalizada e o maior valor de Nota Normalizada como pode ser observado na Tabela 9-30. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.27. É exibido na Figura 9.28 um comparativo entre as Recusas e as Notas Normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-30 – Recusas Normalizadas, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 15

Táxis	Recusas Normalizadas	Notas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,441	0,364	3,74
Taxi_04	0,407	1	7,021
Taxi_05	0,322	0,303	3,143
Taxi_09	0,661	1	7,205
Taxi_01	0,288	0,333	2,783
Taxi_10	1	0	3,198
Taxi_07	0,322	0,394	4,468
Taxi_08	0,441	0,242	3,207
Taxi_02	0,034	0	1,038
Taxi_03	0	1	5,5

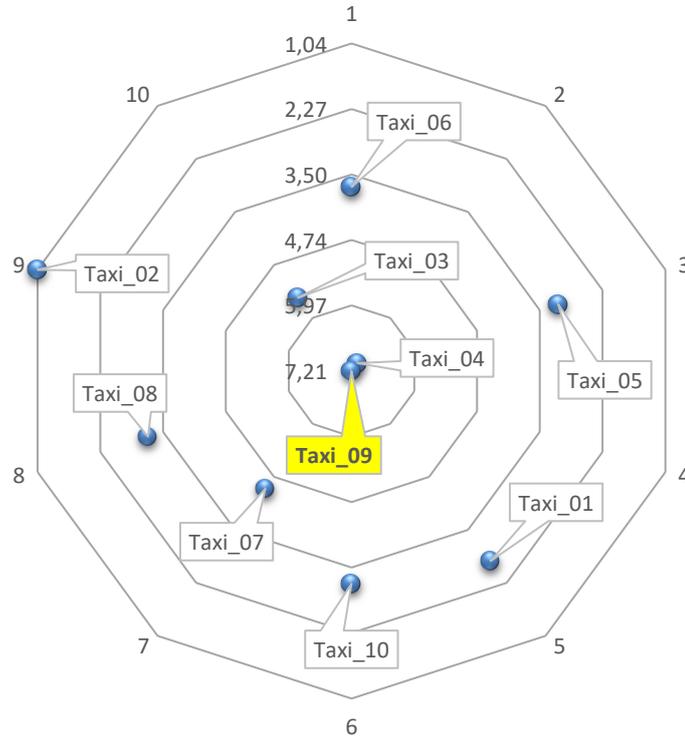


Figura 9.27 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 15

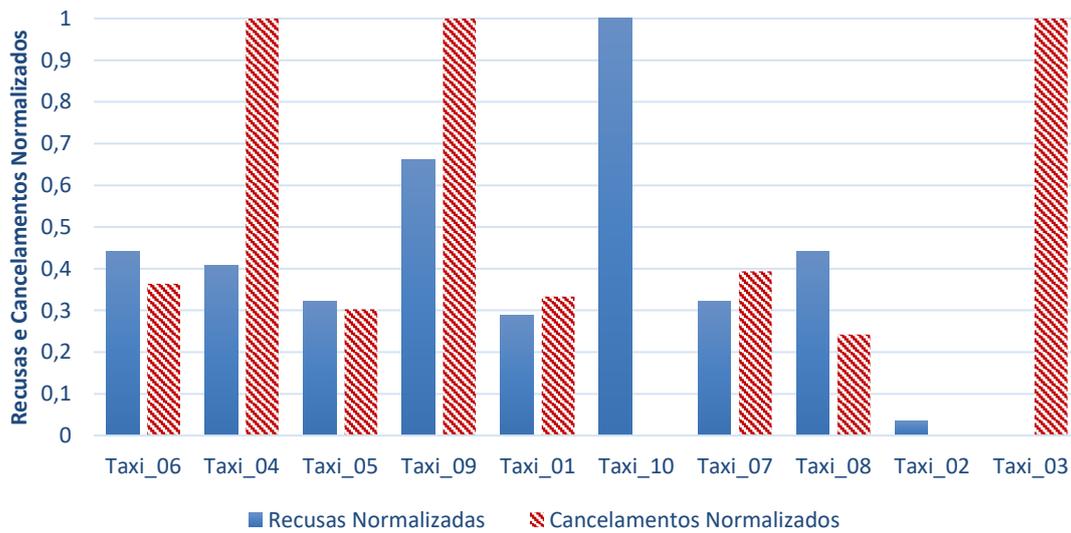


Figura 9.28 - Recusas e Cancelamentos Normalizados x Táxis – Teste 15

9.15 Teste 16

Para o Teste 16, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-31:

Tabela 9-31 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 16

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	2,5
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	2,5
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-31 os parâmetros *Recusa* e *Go to Home* foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o segundo maior valor de *Recusa Normalizada* e não possui valor referente ao *Go to Home* como pode ser observado na Tabela 9-32. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar da Figura 9.29. É exibido na Figura 9.30 um comparativo entre as *Recusas* e o *Go to Home* de cada um dos táxis participantes do processo. Apesar de não ter sido escolhido, devido ao *Go to Home*, o Táxi_07 ficou localizado próximo a centro do gráfico de radar na primeira camada.

Tabela 9-32 – Recusas Normalizadas, Go to Home e Pontuações dos Táxis – Teste 01

Táxis	Recusas Normalizadas	Go to Home	Pontuações dos Táxis
Táxi_06	0,441	0	3,195
Táxi_04	0,407	0	5,521
Táxi_05	0,322	0	2,689
Táxi_09	0,661	0	5,705
Táxi_01	0,288	0	2,283
Táxi_10	1	0	3,198
Táxi_07	0,322	10	5,377
Táxi_08	0,441	0	2,844
Táxi_02	0,034	0	1,038
Táxi_03	0	0	4

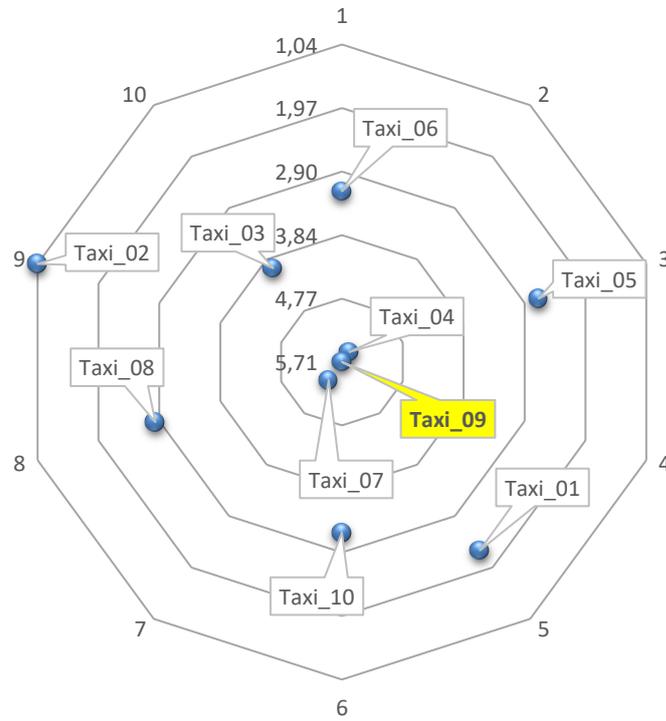


Figura 9.29 - - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 16

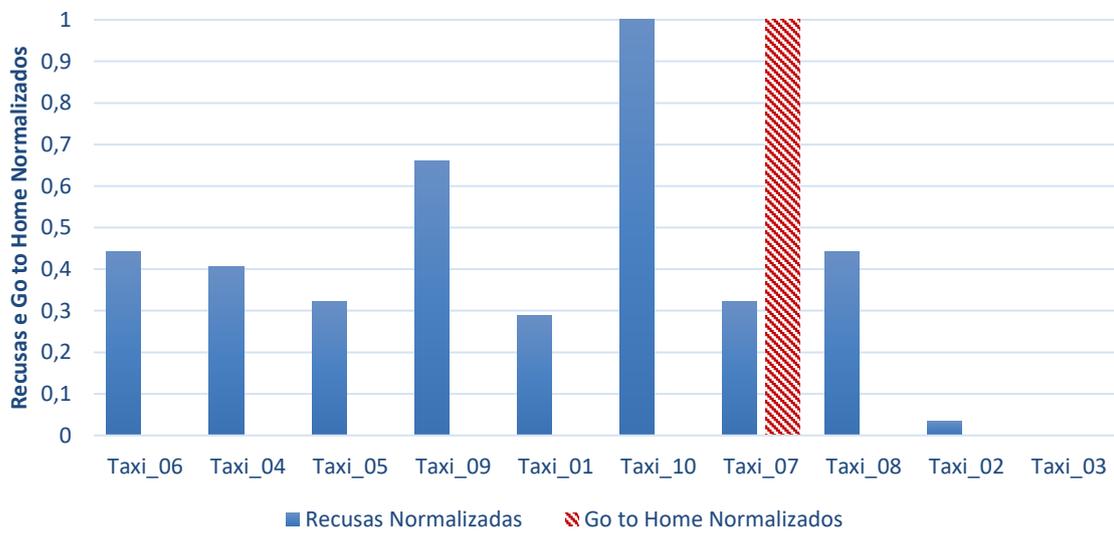


Figura 9.30 - Recusas e Go to Home Normalizados x Táxis

9.16 Teste 17

Para o Teste 17, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-33:

Tabela 9-33 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 17

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	2,5
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-33 os parâmetros Recusa e Selo Fidelidade foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_03 o qual possui o menor valor de Recusa Normalizada e, em contrapartida, o maior valor de Selo Fidelidade como pode ser observado na Tabela 9-34. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado na segunda camada como pode ser visto na Figura 9.31. É exibido na Figura 9.32 um comparativo entre as Recusas e o Selo Fidelidade Normalizado de cada um dos táxis participantes do processo. Vale ressaltar que a escolha do táxi é realizada levando em consideração o aceite de cada um dos taxistas o que ocorre de forma aleatória possibilitando que a escolha do táxi nem sempre ocorra na primeira camada.

Tabela 9-34 – Recusas Normalizadas, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 17

Táxis	Recusa Normalizadas	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,441	0,364	3,74
Taxi_04	0,407	1	7,021
Taxi_05	0,322	0,303	3,143
Taxi_09	0,661	1	7,205
Taxi_01	0,288	0,333	2,783
Taxi_10	1	0	3,198
Taxi_07	0,322	0,394	4,468
Taxi_08	0,441	0,242	3,207
Taxi_02	0,034	0	1,038
Taxi_03	0	1	5,5

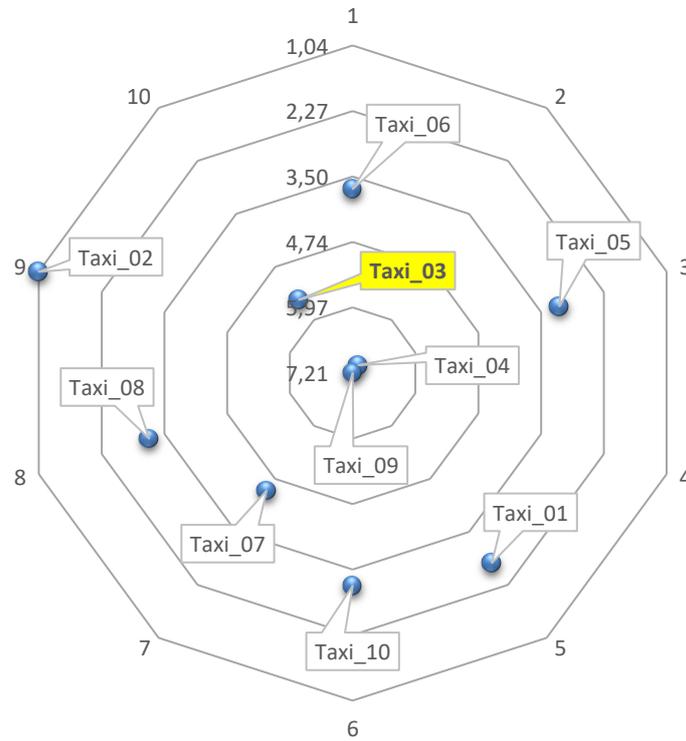


Figura 9.31 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 17

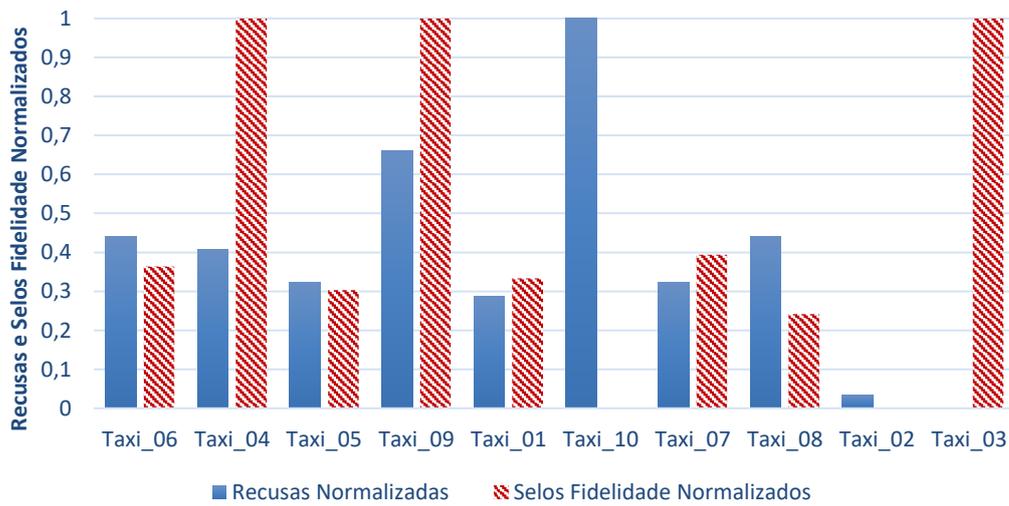


Figura 9.32 - Recusas e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis

9.17 Teste 18

Para o Teste 18, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-35:

Tabela 9-35 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 18

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	2,5
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-35 os parâmetros Recusa e Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o segundo maior valor de Recusa Normalizada e o quinto maior valor referente ao Índice de Envelhecimento como pode ser observado na Tabela 9-36. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar da Figura 9.33. É exibido na Figura 9.34 um comparativo entre as Recusas e os Índices de Envelhecimento de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-36 – Recusas Normalizadas, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 18

Táxis	Recusas Normalizadas	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,441	0	3,195
Taxi_04	0,407	0,857	6,806
Taxi_05	0,322	0,429	3,333
Taxi_09	0,661	0,571	6,562
Taxi_01	0,288	0,143	2,498
Taxi_10	1	0,286	3,627
Taxi_07	0,322	0,571	4,734
Taxi_08	0,441	0,714	3,914
Taxi_02	0,034	0,857	2,324
Taxi_03	0	1	5,5

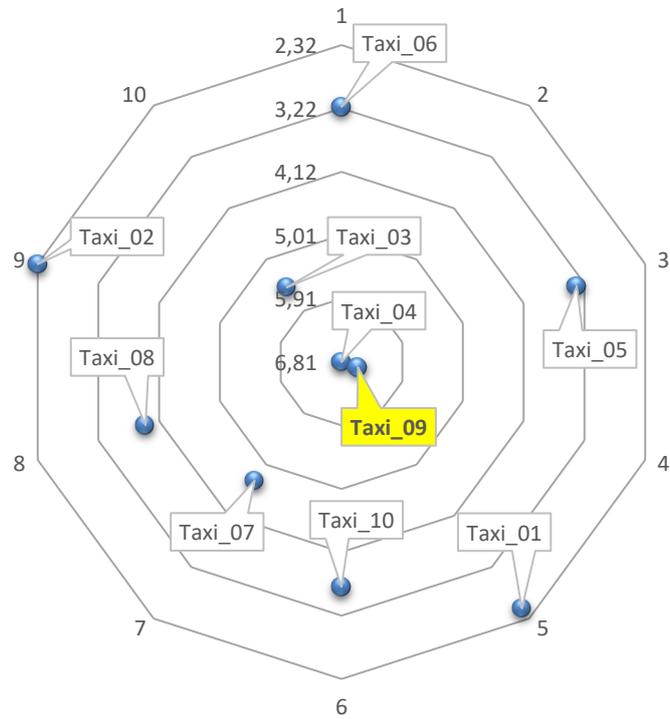


Figura 9.33 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 18

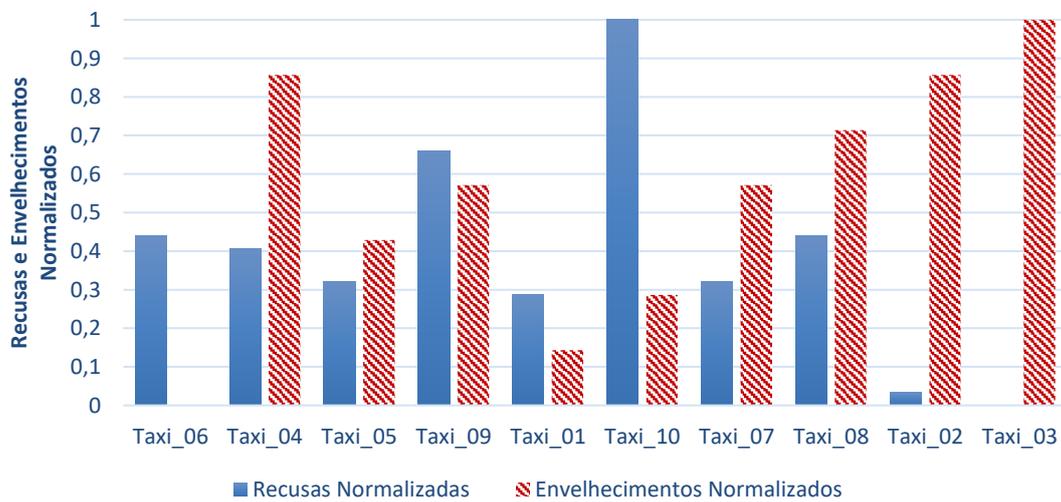


Figura 9.34 - Recusas e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 18

9.18 Teste 19

Para o Teste 19, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-37:

Tabela 9-37 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 19

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	2,5
Go to Home	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-37 os parâmetros Cancelamento e Nota do Táxi foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_03 o qual possui o maior valor de Cancelamento Normalizado e o maior valor de Nota Normalizada como pode ser observado na Tabela 9-38. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.35. É exibido na Figura 9.36 um comparativo entre os Cancelamentos e as Notas Normalizadas de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-38 – Cancelamentos Normalizados, Notas Normalizadas e Pontuações dos Táxis – Teste 19

Táxis	Cancelamentos Normalizados	Notas Normalizadas	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0,364	3,625
Taxi_04	1	1	7,91
Taxi_05	0,303	0,303	3,115
Taxi_09	1	1	7,714
Taxi_01	0,333	0,333	2,85
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	0,394	0,394	4,576
Taxi_08	0,242	0,242	2,908
Taxi_02	0	0	0,987
Taxi_03	1	1	7

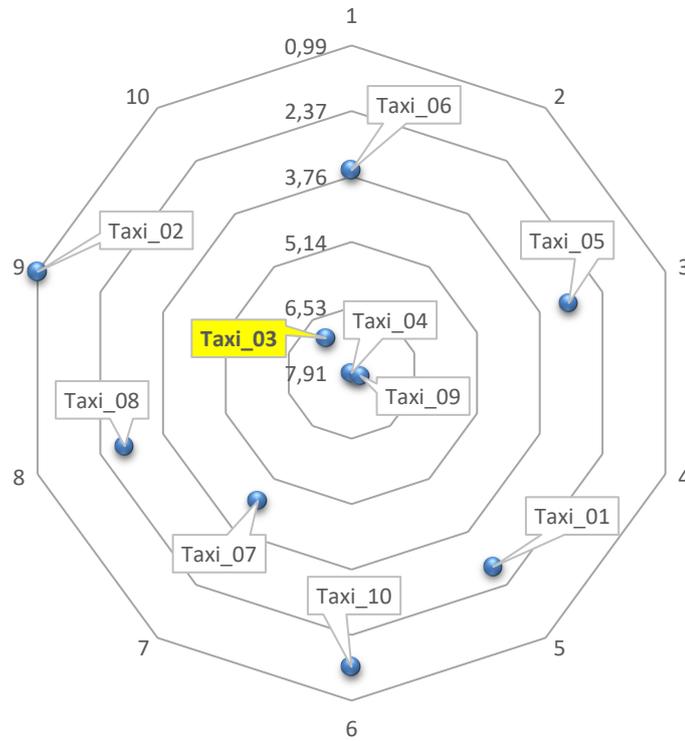


Figura 9.35 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 19

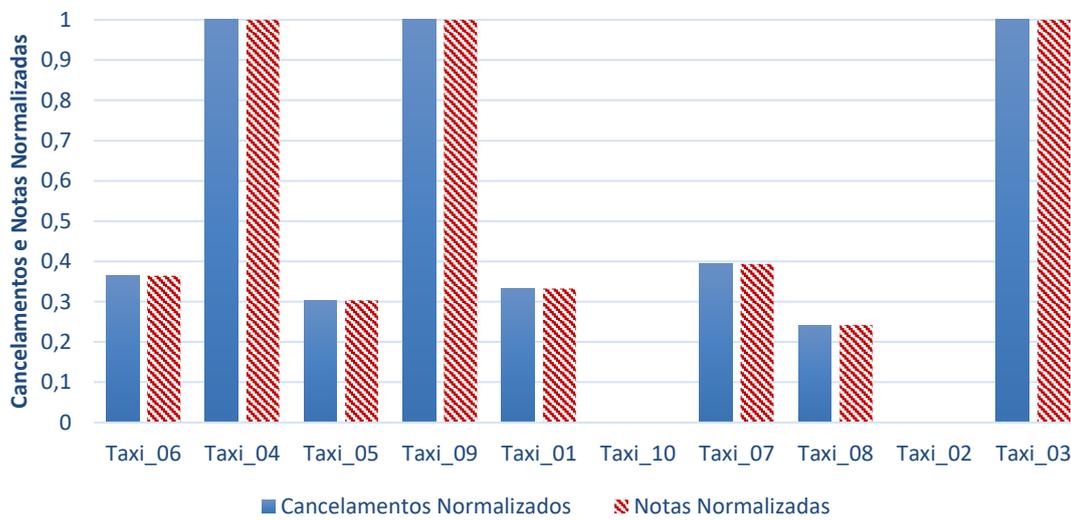


Figura 9.36 - Cancelamentos e Notas Normalizadas x Táxis

9.19 Teste 20

Para o Teste 20, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-39:

Tabela 9-39 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 20

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	1
Go to Home	2,5
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-39 os parâmetros Cancelamento e *Go to Home* foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor de Cancelamento Normalizado e não possui *Go to Home* como pode ser observado na Tabela 9-40. Esse fato ofereceu ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.37. É exibido na Figura 9.38 um comparativo entre os Cancelamentos e o *Go to Home* de cada um dos táxis participantes do processo. O Táxi_07 apesar de não ter sido escolhido ficou, devido ao *Go to Home*, localizado na primeira camada.

Tabela 9-40 – Cancelamentos Normalizados, *Go to Home* e Pontuações dos Táxis – Teste 20

Táxis	Cancelamentos Normalizados	<i>Go to Home</i>	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0	3,079
Taxi_04	1	0	6,41
Taxi_05	0,303	0	2,66
Taxi_09	1	0	6,214
Taxi_01	0,333	0	2,35
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	0,394	10	5,485
Taxi_08	0,242	0	2,545
Taxi_02	0	0	0,987
Taxi_03	1	0	5,5

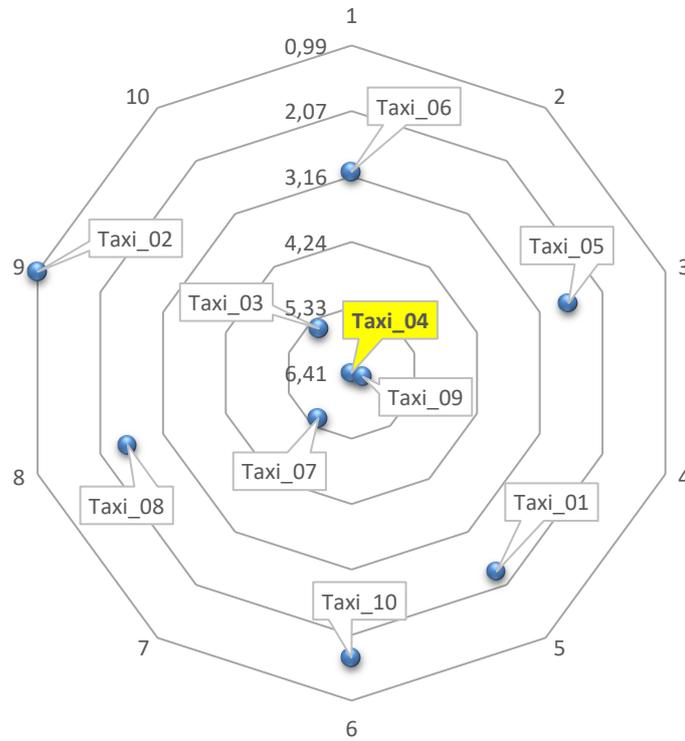


Figura 9.37 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 20

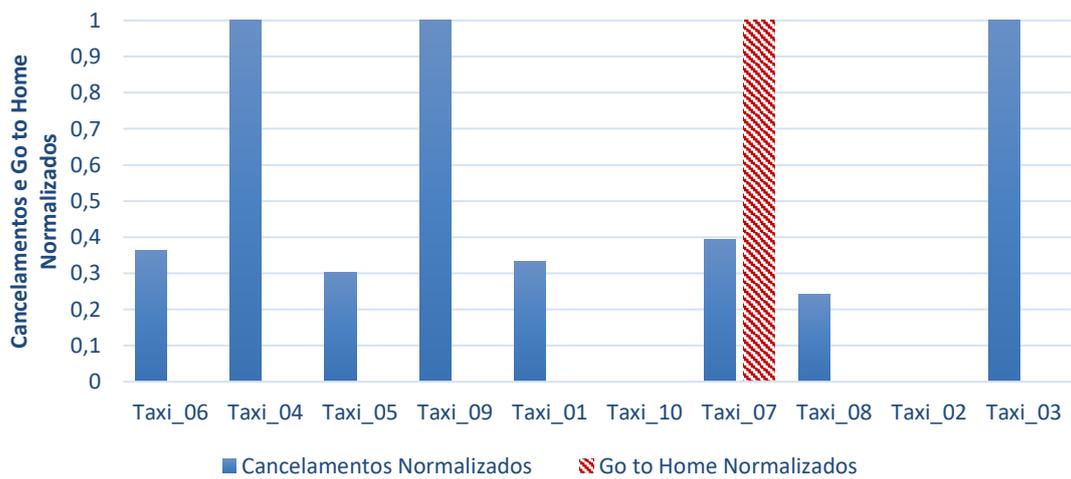


Figura 9.38 - Cancelamentos e Go to Home Normalizados x Táxis – Teste 20

9.20 Teste 21

Para o Teste 21, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-41:

Tabela 9-41 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 21

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-41 os parâmetros Cancelamento e Selo Fidelidade foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_03 o qual possui o maior valor de Cancelamento Normalizado e o maior valor de Selo Fidelidade como pode ser observado na Tabela 9-42. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.39. É exibido na Figura 9.40 um comparativo entre os Cancelamentos e os Selos Fidelidade de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-42 – Cancelamentos Normalizados, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 21

Táxis	Cancelamentos Normalizados	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0,364	3,625
Taxi_04	1	1	7,91
Taxi_05	0,303	0,303	3,115
Taxi_09	1	1	7,714
Taxi_01	0,333	0,333	2,85
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	0,394	0,394	4,576
Taxi_08	0,242	0,242	2,908
Taxi_02	0	0	0,987
Taxi_03	1	1	7

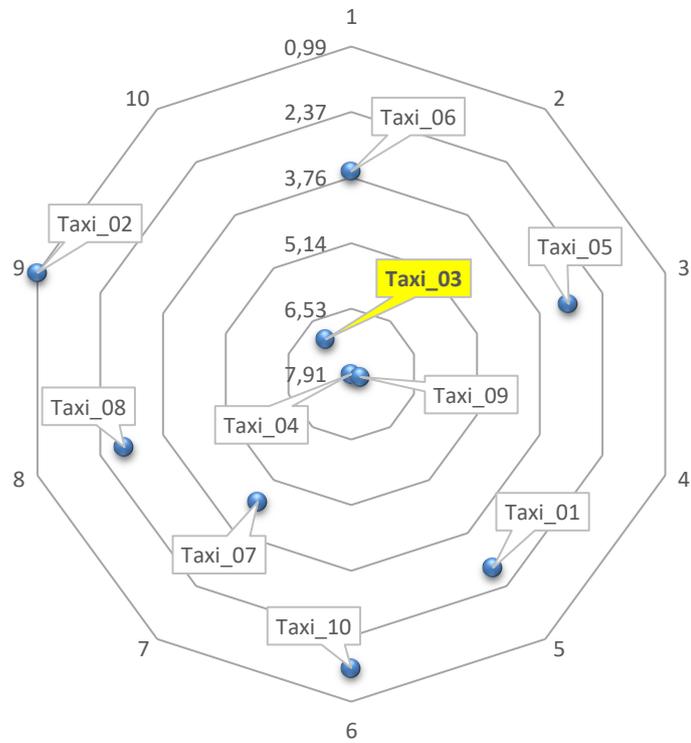


Figura 9.39 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 21

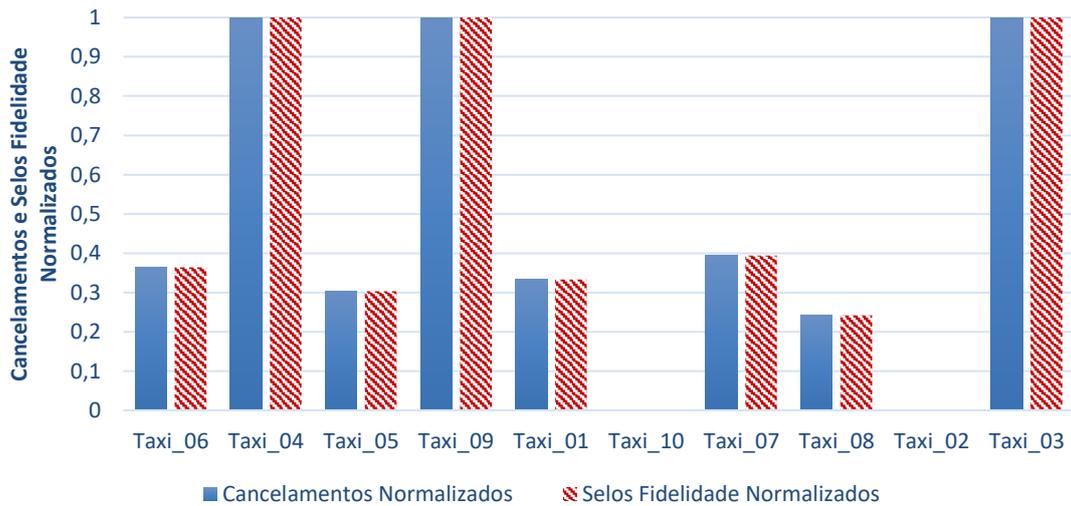


Figura 9.40 - Cancelamentos e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 21

9.21 Teste 22

Para o Teste 22, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-43:

Tabela 9-43 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 22

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	2,5
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-43 os parâmetros Cancelamento e Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o maior valor de Cancelamento Normalizado e o quinto maior valor de Índice de Envelhecimento como pode ser observado na Tabela 9-44. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.41. É exibido na Figura 9.42 um comparativo entre os Cancelamentos e os Índices de Envelhecimentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-44 – Cancelamentos Normalizados, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 22

Táxis	Cancelamentos Normalizados	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0	3,079
Taxi_04	1	0,857	7,696
Taxi_05	0,303	0,429	3,304
Taxi_09	1	0,571	7,071
Taxi_01	0,333	0,143	2,565
Taxi_10	0	0,286	2,127
Taxi_07	0,394	0,571	4,841
Taxi_08	0,242	0,714	3,616
Taxi_02	0	0,857	2,272
Taxi_03	1	1	7

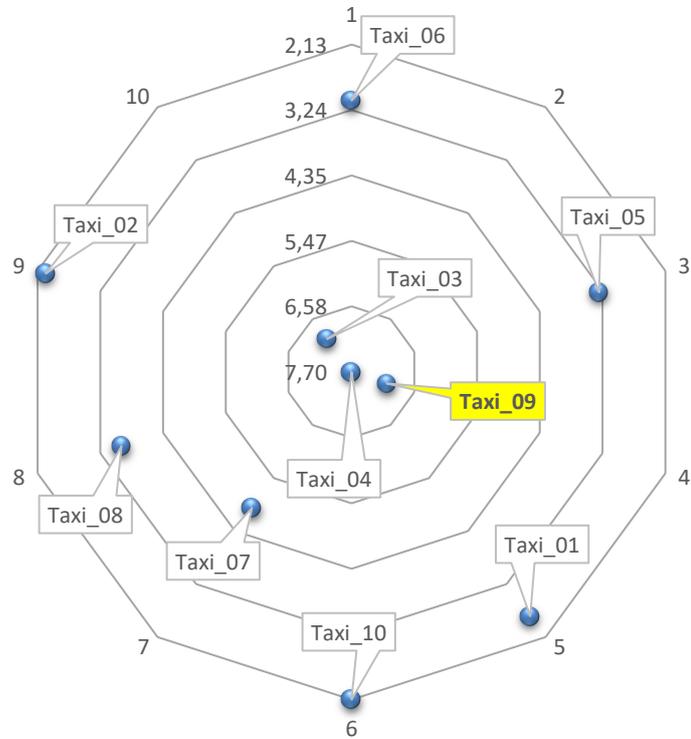


Figura 9.41 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 22

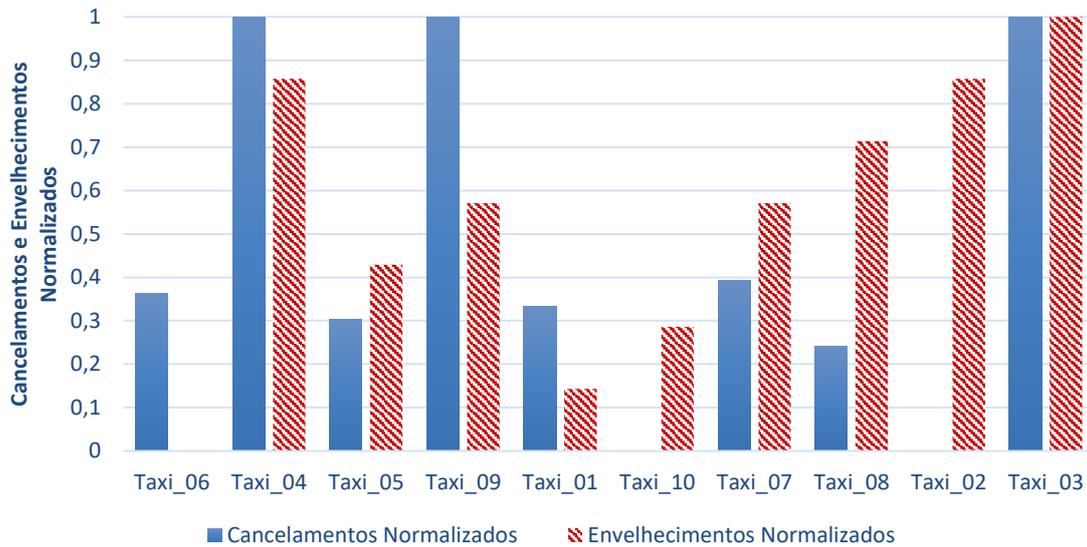


Figura 9.42 - Cancelamentos e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 22

9.22 Teste 23

Para o Teste 23, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-45:

Tabela 9-45 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 23

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	2,5
Go to Home	2,5
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-45 os parâmetros Nota do Táxi e *Go to Home* foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o maior valor de Nota Normalizada e não possui valor referente ao *Go to Home* como pode ser observado na Tabela 9-46. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.43. É exibido na Figura 9.44 um comparativo entre as Notas dos Táxis e o *Go to Home* de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-46 – Notas Normalizadas, Go to Home e Pontuações dos Táxis – Teste 23

Táxis	Notas Normalizadas	Go to Home	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0	3,079
Taxi_04	1	0	6,41
Taxi_05	0,303	0	2,66
Taxi_09	1	0	6,214
Taxi_01	0,333	0	2,35
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	0,394	10	5,485
Taxi_08	0,242	0	2,545
Taxi_02	0	0	0,987
Taxi_03	1	0	5,5

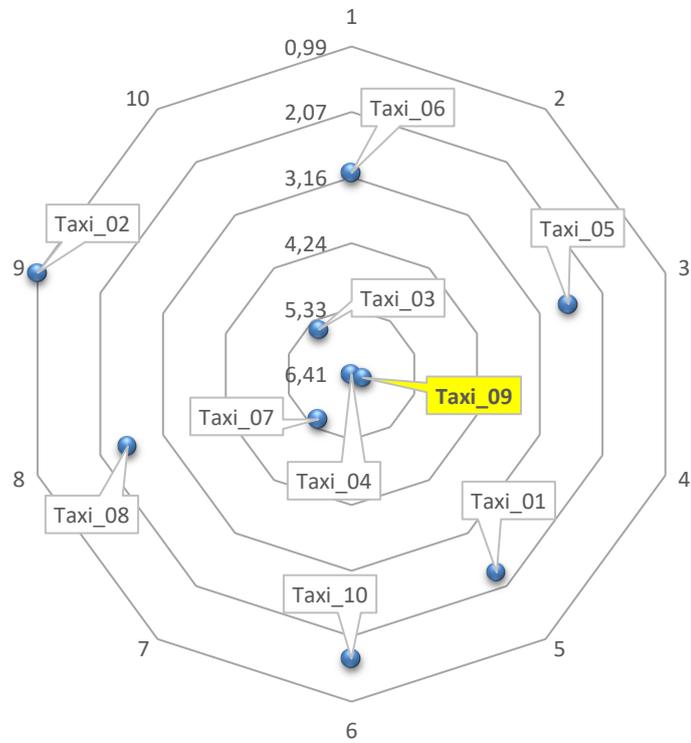


Figura 9.43 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 23

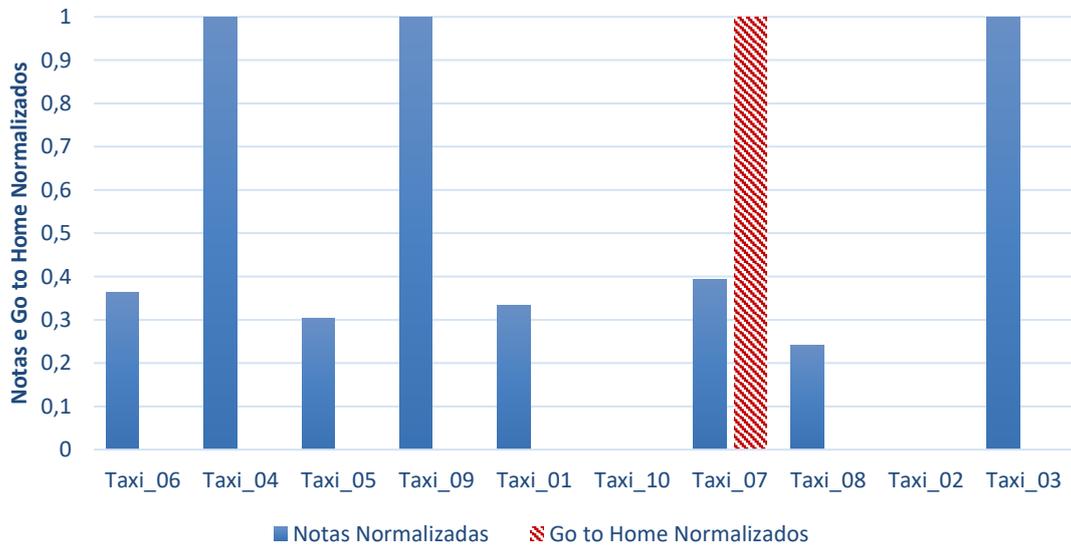


Figura 9.44 - Notas e Go to Home Normalizados x Táxis – Teste 23

9.23 Teste 24

Para o Teste 24, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-47:

Tabela 9-47 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 24

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	2,5
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-47 os parâmetros Nota do Táxi e Selo Fidelidade foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor de Nota Normalizada e o maior valor de Selo Fidelidade como pode ser observado na Tabela 9-48. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.45. É exibido na Figura 9.46 um comparativo entre as Notas Normalizadas e os Selos Fidelidades Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-48 – Notas Normalizadas, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 24

Táxis	Notas Normalizadas	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0,364	3,625
Taxi_04	1	1	7,91
Taxi_05	0,303	0,303	3,115
Taxi_09	1	1	7,714
Taxi_01	0,333	0,333	2,85
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	0,394	0,394	4,576
Taxi_08	0,242	0,242	2,908
Taxi_02	0	0	0,987
Taxi_03	1	1	7

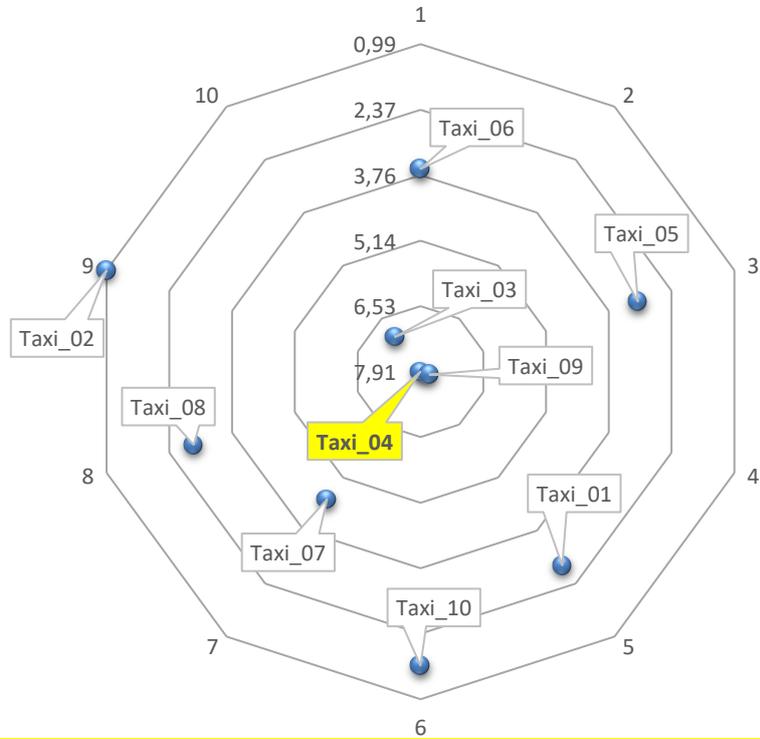


Figura 9.45 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 24

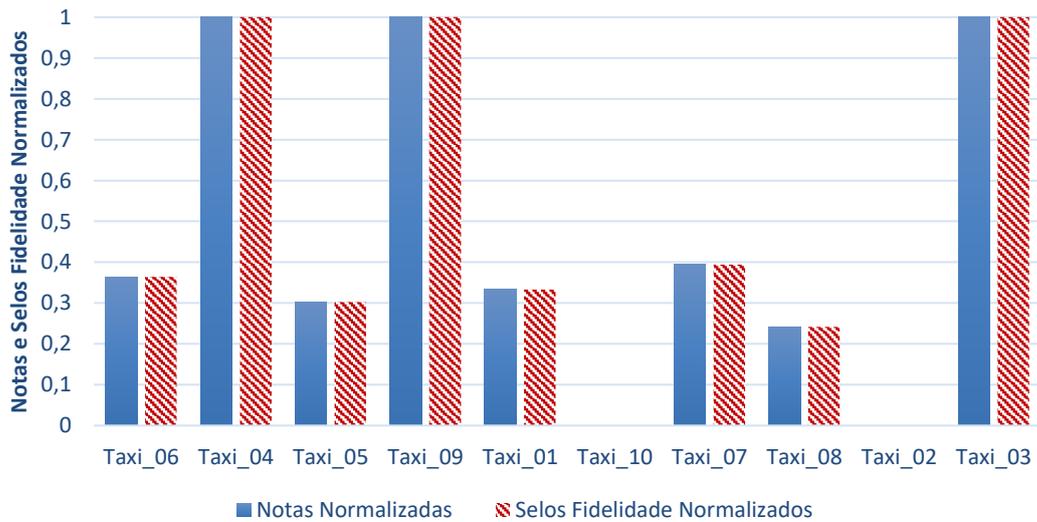


Figura 9.46 - Notas e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis

9.24 Teste 25

Para o Teste 25, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-49:

Tabela 9-49 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 25

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	2,5
<i>Go to Home</i>	1
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-49 os parâmetros Nota do Táxi e Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual possui o maior valor de Nota Normalizada e o quinto maior valor de Índice de Envelhecimento como pode ser observado na Tabela 9-50. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a segunda maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.47. É exibido na Figura 9.48 um comparativo entre as Notas Normalizadas e os Índices de Envelhecimentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-50 – Notas Normalizadas, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 25

Táxis	Notas Normalizadas	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0	3,079
Taxi_04	1	0,857	7,696
Taxi_05	0,303	0,429	3,304
Taxi_09	1	0,571	7,071
Taxi_01	0,333	0,143	2,565
Taxi_10	0	0,286	2,127
Taxi_07	0,394	0,571	4,841
Taxi_08	0,242	0,714	3,616
Taxi_02	0	0,857	2,272
Taxi_03	1	1	7

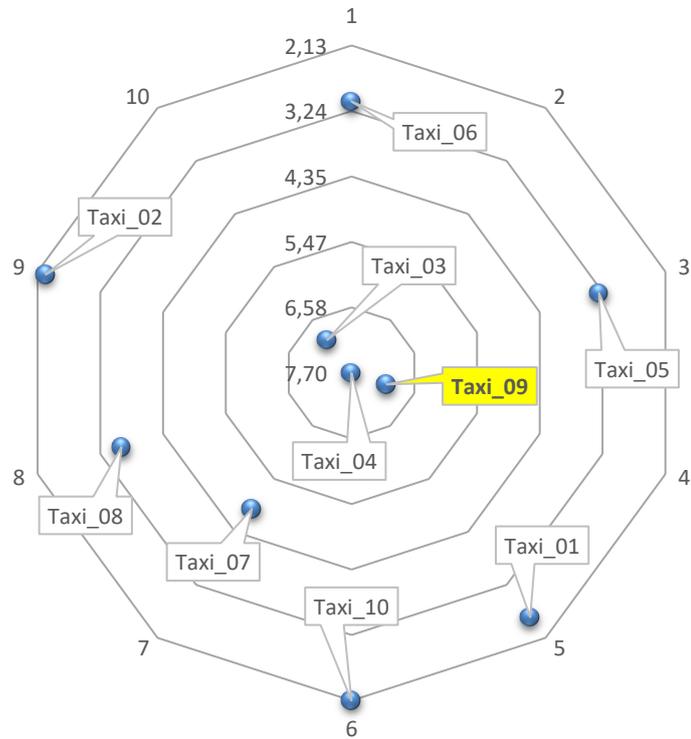


Figura 9.47 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 25

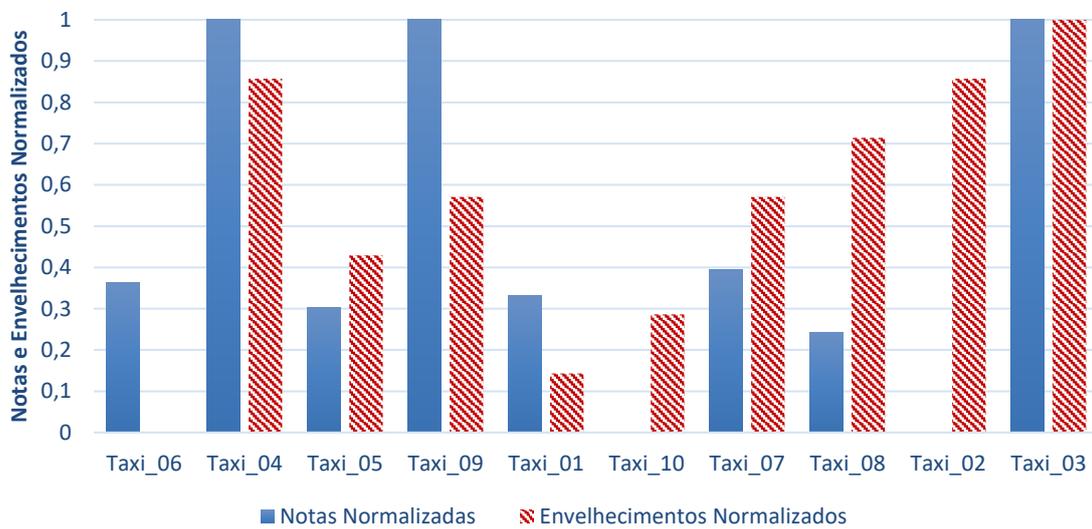


Figura 9.48 - Notas e Envelhecimentos Normalizados x Táxis

9.25 Teste 26

Para o Teste 26, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-51:

Tabela 9-51 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 26

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	2,5
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	1

Na Tabela 9-51 os parâmetros *Go to Home* e o Selo Fidelidade foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_03 o qual não possui o valor referente ao *Go to Home* e possui o maior valor para o Selo Fidelidade Normalizado como pode ser observado na Tabela 9-52. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.49. É exibido na Figura 9.50 um comparativo entre o *Go to Home* e os Selos Fidelidade Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo. Apesar de não ter sido escolhido, o Táxi_07, devido ao *Go to Home*, ficou localizado na primeira camada com uma pontuação próxima ao do táxi que foi escolhido.

Tabela 9-52 – *Go to Home*, Selos de Fidelidade Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 26

Táxis	<i>Go to Home</i>	Selos de Fidelidade Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0	0,364	3,079
Taxi_04	0	1	6,41
Taxi_05	0	0,303	2,66
Taxi_09	0	1	6,214
Taxi_01	0	0,333	2,35
Taxi_10	0	0	1,698
Taxi_07	10	0,394	5,485
Taxi_08	0	0,242	2,545
Taxi_02	0	0	0,987

Taxi_03	0	1	5,5
---------	---	---	-----

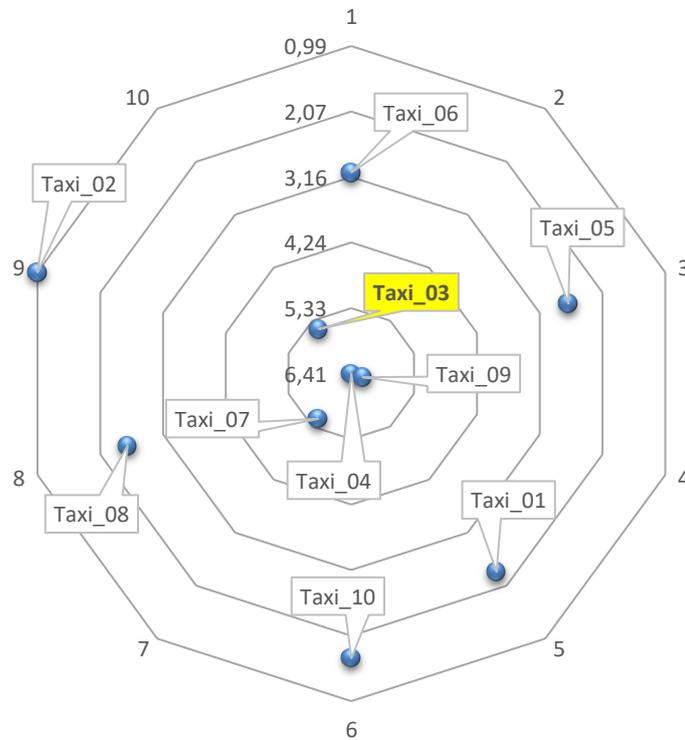


Figura 9.49 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 26

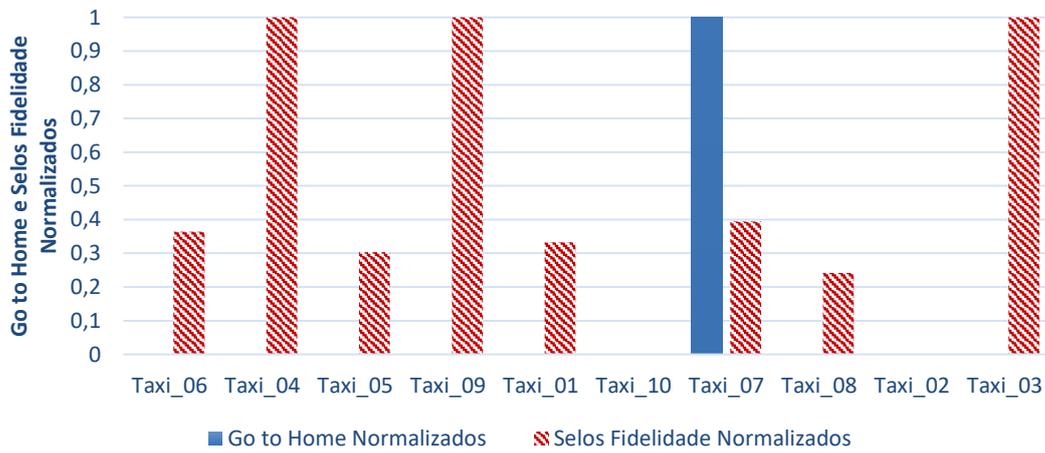


Figura 9.50 - Go to Home e Selos Fidelidade Normalizados x Táxis – Teste 26

9.26 Teste 27

Para o Teste 27, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-53:

Tabela 9-53 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 27

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	2,5
Selo Fidelidade	1
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-53 os parâmetros *Go to Home* e o Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_09 o qual não possui o valor referente ao *Go to Home* e possui o quinto maior valor para o Índice de Envelhecimento Normalizado como pode ser observado na Tabela 9-54. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.51. É exibido na Figura 9.52 um comparativo entre o *Go to Home* e os Selos Fidelidade Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-54 – *Go to Home*, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 27

Táxis	<i>Go to Home</i>	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0	0	2,533
Taxi_04	0	0,857	6,196
Taxi_05	0	0,429	2,849
Taxi_09	0	0,571	5,571
Taxi_01	0	0,143	2,066
Taxi_10	0	0,286	2,127
Taxi_07	10	0,571	5,75
Taxi_08	0	0,714	3,253
Taxi_02	0	0,857	2,272
Taxi_03	0	1	5,5

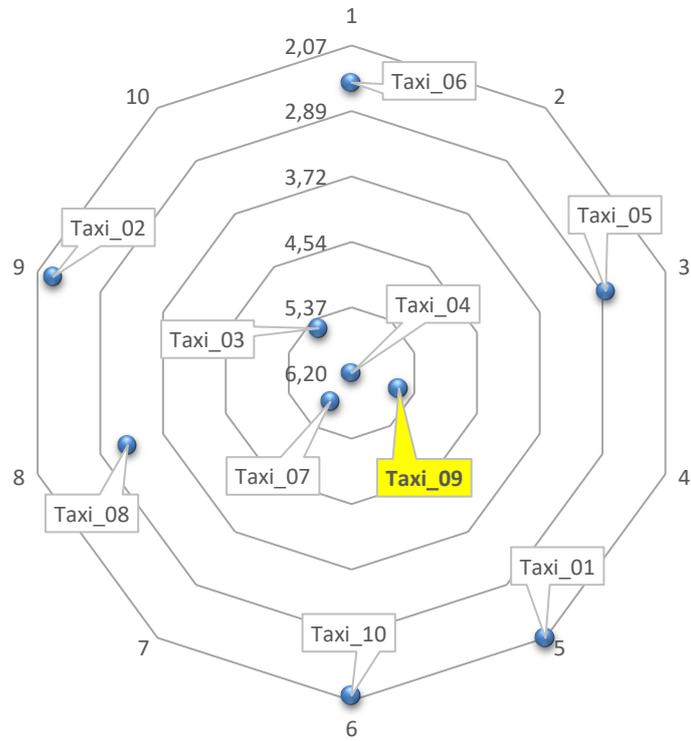


Figura 9.51 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 27

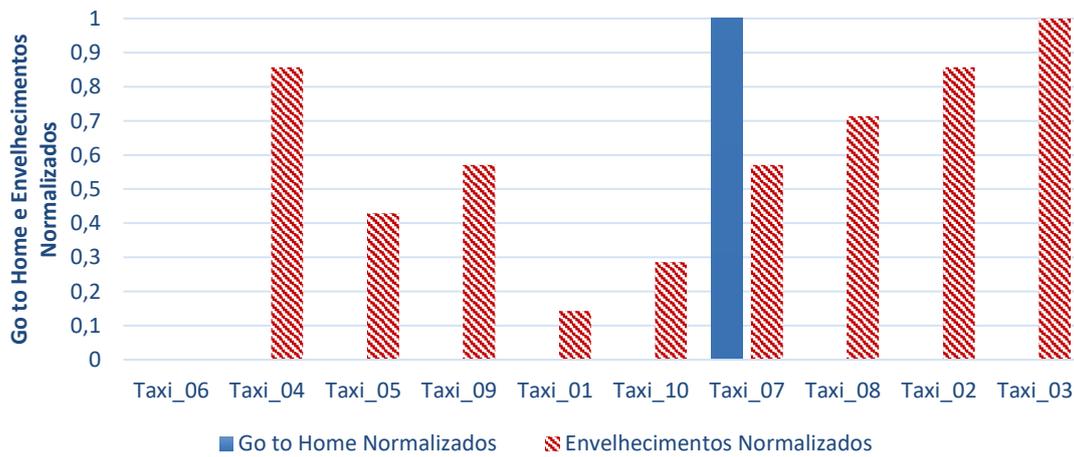


Figura 9.52 - Go to Home e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 27

9.27 Teste 28

Para o Teste 28, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-55:

Tabela 9-55 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 28

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
Go to Home	1
Selo Fidelidade	2,5
Índice de Envelhecimento	2,5

Na Tabela 9-55 os parâmetros Selo Fidelidade e Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_04 o qual possui o maior valor referente ao Selo Fidelidade Normalizado e o maior valor para o Índice de Envelhecimento Normalizado como pode ser observado na Tabela 9-56. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado no centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.53. É exibido na Figura 9.54 um comparativo entre os Selos Fidelidade Normalizados e os Índices de Envelhecimentos Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-56 – Selos de Fidelidade Normalizados, Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 28

Táxis	Selos de Fidelidade Normalizados	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0,364	0	3,079
Taxi_04	1	0,857	7,696
Taxi_05	0,303	0,429	3,304
Taxi_09	1	0,571	7,071
Taxi_01	0,333	0,143	2,565
Taxi_10	0	0,286	2,127
Taxi_07	0,394	0,571	4,841
Taxi_08	0,242	0,714	3,616
Taxi_02	0	0,857	2,272
Taxi_03	1	1	7

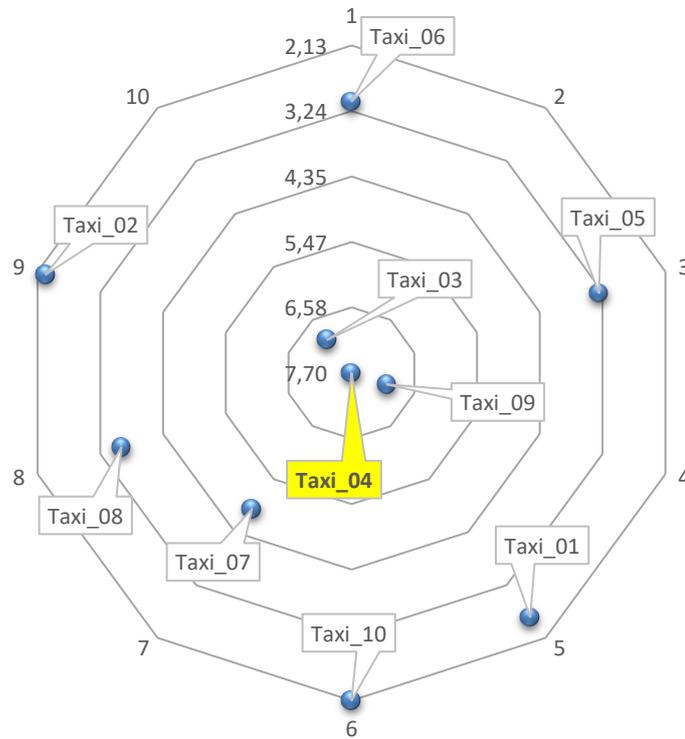


Figura 9.53 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 28

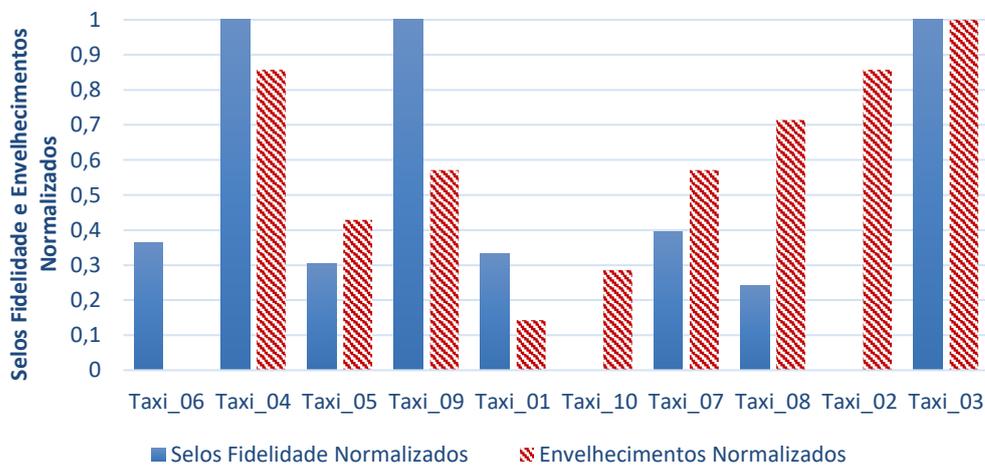


Figura 9.54 - Selos Fidelidade e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 28

9.28 Teste 29

Para o Teste 29, foram adotados os seguintes pesos conforme a Tabela 9-57:

Tabela 9-57 Pesos atribuídos aos parâmetros do modelo matemático – Teste 29

Parâmetros	Pesos
Distância	1
Recusa	1
Cancelamento	1
Nota do Táxi	1
<i>Go to Home</i>	2
Selo Fidelidade	2
Índice de Envelhecimento	2

Na Tabela 9-57 os parâmetros *Go to Home*, Selo Fidelidade Índice de Envelhecimento foram configurados com os maiores valores de peso. No teste, o táxi escolhido foi o Táxi_03 o qual não possui o valor referente ao *Go to Home*, possui o maior valor para o Selo Fidelidade Normalizado e o maior valor para o Índice de Envelhecimento como pode ser observado na Tabela 9-58. Esses valores em conjunto ofereceram ao táxi escolhido a terceira maior pontuação fazendo com que este ficasse localizado próximo ao centro do gráfico de radar como pode ser visto na Figura 9.55. É exibido na Figura 9.56 um comparativo entre o *Go to Home*, os Selos Fidelidade Normalizados e os Índices de Envelhecimento Normalizados de cada um dos táxis participantes do processo.

Tabela 9-58 – *Go to Home*, Selos de Fidelidade Normalizados e Envelhecimentos Normalizados e Pontuações dos Táxis – Teste 29

Táxis	<i>Go to Home</i>	Selos de Fidelidade Normalizados	Envelhecimentos Normalizados	Pontuações dos Táxis
Taxi_06	0	0,364	0	2,897
Taxi_04	0	1	0,857	6,767
Taxi_05	0	0,303	0,429	2,938
Taxi_09	0	1	0,571	6,285
Taxi_01	0	0,333	0,143	2,327
Taxi_10	0	0	0,286	1,984
Taxi_07	10	0,394	0,571	5,359
Taxi_08	0	0,242	0,714	3,138
Taxi_02	0	0	0,857	1,844
Taxi_03	0	1	1	6

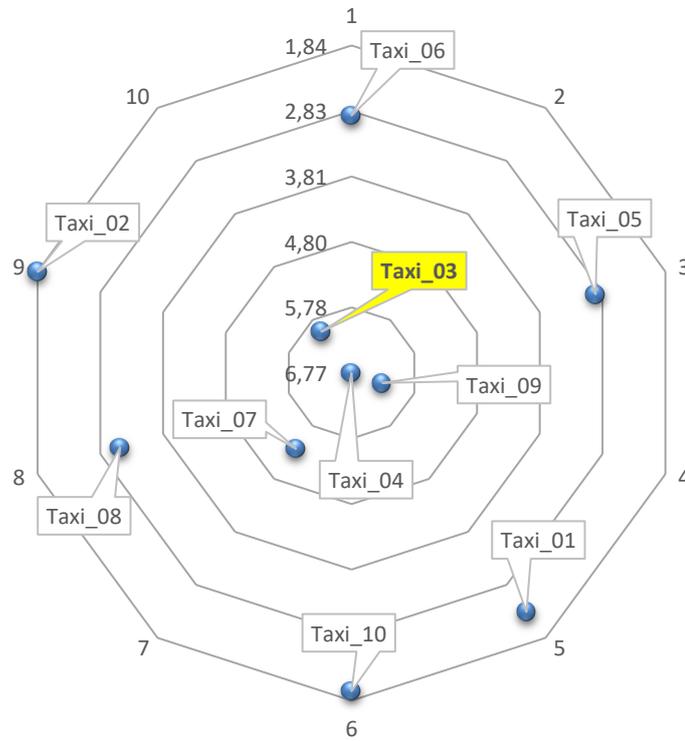


Figura 9.55 - Gráfico de radar dos táxis dispostos nas camadas de acordo com o valor das respectivas pontuações – Teste 29

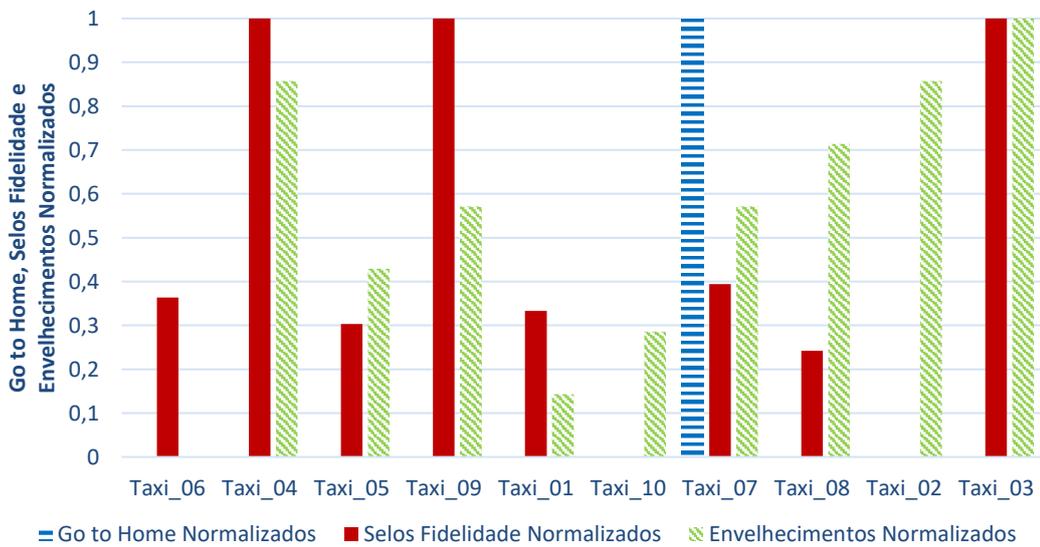


Figura 9.56 - Go to Home, Selos Fidelidade e Envelhecimentos Normalizados x Táxis – Teste 29